Agriculture
Canada

Energy-conserving urban greenhouses for Canada

construction and management

Canada

87-05742/

Energy-conserving urban greenhouses for Canada

construction and management

Research Branch
Agriculture Canada

Publication 1814E
1987

Staff editor
Sharon M. Rudnitski

Also available in French under the title
Les économies d'énergie dans les serres urbaines au Canada: construction et exploitation

price in Canada	$6.75
price in other countries	$8.10

© Minister of Supply and Services Canada 1987
Cat. No. A15-1814 1987E
ISBN 0-660-12126-3
Printed 1987

Canadian Cataloguing in Publication Data

Energy-conserving urban greenhouses for Canada : construction and management

(Publication ; 1814E)

Issued also in French under title: Les économies d'énergie dans les serres urbaines au Canada.
Includes bibliography.

1. Greenhouses–Canada–Design and construction.
2. Greenhouses–Canada–Energy conservation.
3. Solar greenhouses–Canada. I. Canada. Agriculture Canada. Research Branch. II. Series : Publication (Canada. Agriculture Canada). English ; 1814E

SB416.E53 1986 690.89 C87-099201-5

Contents

Acknowledgments 1

Foreword 2

Part 1
Preliminary considerations 3
- Reasons for building 3
- Personal involvement 3
- Cost 3
- Legal considerations 5

Part 2
Greenhouse construction 6

- Design considerations 6
  - Location 6
  - Type 7
  - Shape 7
  - Size 8
  - Light 8
  - Glazing protection 8
  - Heat 9
  - Rot prevention 9

- Design examples 9
  - Solar greenhouse on a balcony 9
  - Greenhouse on a garage roof 10
  - Converting a ground-floor porch into a greenhouse 10
  - Attached greenhouse with a vertical kneewall 11
  - Attached pit greenhouse 11
  - Attached greenhouse with a shallow roof 11
  - Attached greenhouse on an east wall 12
  - Freestanding, modified, conventional greenhouse 12
  - Freestanding Brace greenhouse 13
  - Large freestanding greenhouse 13
  - Freestanding greenhouse for a mild climate 14

- Construction details 14
  - Foundation 14
  - Framing 15
  - Glazing 19
  - Cooling and ventilation systems 27

- Thermal storage systems 29
  - Passive heat storage 30
  - Active heat storage 32
  - Backup heat 33

- Environment 35
  - Temperature 35
  - Relative humidity and carbon dioxide 36
  - Greenhouse design 36
  - Heat-storage placement 37
  - Interior climatic zones 37
  - Beds and benches 37
  - Walkways 38

Part 3
Greenhouse management 39

- Growing media 39
  - Soil 39
  - Composting 39
  - Soilless media 39
  - Germinating mixes 39
  - Soil pasteurization 39

- Water 40

- Light 41

- Plant nutrition 42
  - Commercial fertilizers 42
  - Feeding programs 43
  - Soil tests 43
  - pH 43
  - Nutrient deficiencies 43

- Growth regulators 44

- Containers 44

- Plant propagation 46
  - Seeds 46
  - Vegetative propagation 47
  - Tissue culture 48

- Vegetables 48
  - Tomatoes, cucumbers, and lettuce 49
  - Carrots 50
  - Kale and collards 50
  - Radishes 50
  - Beets 50
  - Herbs 51

- Popular ornamental greenhouse plants 51
  - Begonias 51
  - Calceolarias 51
  - Cinerarias 51
  - Cyclamens 52
  - Regal geraniums 52
  - Carnations 52
  - Chrysanthemums 53
  - Hydrangeas 54
  - Roses 54
  - Poinsettias 55
  - Dieffenbachias 56
  - Dracaenas 56
  - Weeping figs 57
  - Rubber plants 57
  - Umbrella trees 58
  - Crotons 58
  - Philodendrons 58
  - Peperomias 58
  - Cacti and other succulents 58
  - Ferns 59
  - Palms 60
  - Forced bulbs 60

- Insects and diseases 61
  - Insects 61
  - How diseases are spread 64
  - Fungus diseases 64
  - Bacterial diseases 65
  - Virus diseases 65
  - Physiological diseases 65
  - Pesticides 66

Resource bibliography 67

Index 68

Acknowledgments

The construction section was prepared under contract by M. Klein and R. Alward, under the supervision at Agriculture Canada of H.A. Jackson and G.F. Montgomery of the Engineering and Statistical Research Centre (ESRC). The management section was written by the late E.V. Parups and reviewed at Agriculture Canada by A.T. Bolton of the Plant Research Centre.

Editing, retyping, and proofreading of the manuscript and redrafting of the figures by Agriculture Canada staff at ESRC and Research Program Service are gratefully acknowledged. Some of the illustrations were redrawn from various sources. This project was funded under the program for energy research and development in agriculture and food (ERDAF).

Foreword

There is a great deal of public interest in both energy-conserving and solar greenhouses today. This interest arises from a desire to grow food at home and to attain additional home heat from a solar source. This book provides basic information on the usefulness of these greenhouses and explains the theory behind their construction and management.

Solar greenhouses, unlike conventional greenhouses, have their primary glazing area facing south. Glazing may also be placed on the roof or on part of the roof. All unglazed surfaces are well insulated to reduce heat losses. Solar greenhouses also contain some material intended mainly for heat storage, such as masonry, moist earth, or water in containers, where excess solar heat can be stored for use at night and on cloudy days. Solar greenhouses represent the optimum in energy-conserving greenhouses. However, other, more conventional structures are classed as energy-conserving greenhouses when they have provisions for seasonal addition of extra layers of glazing, insulating night curtains, foundation insulation, or wall and roof insulation. Heat bills for solar and energy-conserving greenhouses are much less than for conventional greenhouses. Both types can be designed to supply heat to an attached building, thus acting as large solar collectors. Unless stated otherwise in the text, the unmodified term "greenhouse" is used to refer to both solar and energy-conserving structures.

We have attempted to include as much information here as possible to allow the reader to determine whether such a greenhouse would be a worthwhile endeavor. The amount of personal effort required at each step along the way and the costs and benefits of operating a greenhouse are explained. This book emphasizes a personal involvement in the development and operation of a greenhouse and is intended to serve only as a guide. It does not attempt to provide detailed instructions. Other sources of information are cited whenever further details may be useful to the reader.

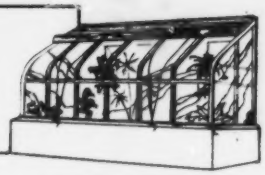
The urban environment offers specific challenges to people considering installing and operating a greenhouse. Some special considerations that are discussed here include building codes, permits, property easements, aesthetics, fire regulations, restricted solar access, airborne pollutants, and ice and snow hazards.

Because energy-conserving and solar greenhouses for northern climates must be more carefully designed than those for more southerly areas, information is contained in this book to ensure that optimum light levels, temperature, humidity, and ventilation for plant growth can be maintained without undue sacrifice of potential net heat gain.

Greenhouse horticulture is more exacting than outside gardening because an ideal growing environment is difficult to maintain artificially. Special skills are required for successfully working within the constraints of a greenhouse. The management information contained in this book applies specifically to gardening techniques that are important to the successful operation of energy-conserving and solar greenhouses located in urban areas in Canada, where the northern winter climate produces shorter daylengths and lower daytime light levels.

Several good books dealing with many of the topics covered in this text have been consulted in the preparation of this book. The most important references are listed in the "Resource Bibliography." *Low-Cost Passive Solar Greenhouses*, a publication of the National Center for Appropriate Technology (NCAT), Butte, Montana, coauthored by R. Alward, has been used as a guide for format and for some specific elements of content. We gratefully acknowledge NCAT's willingness to freely share the information contained in their book.

PART 1
Preliminary considerations



Reasons for building

A well-managed and well-built solar or energy-conserving greenhouse can provide an additional source of heat and fresh food. In fact, a well-designed solar greenhouse attached to the house can cut heating bills by as much as 30%. As well, it can save money on your food bill in winter by providing fresh, tasty produce. A greenhouse can also provide a sunny, indoor living space where you can maintain a spring or summer environment all year round. Besides being an attractive addition to the house, a greenhouse can help to improve the interior climate of your home by supplying increased heat and humidity during those cold, dry winter months. Finally, a greenhouse can provide a stimulating and profitable hobby that offers an interesting outlet for your spare time and energies.

If, however, only one of these benefits offered by a greenhouse is of interest, perhaps you should consider other alternatives.

For example, there are several more cost-effective ways to reduce your heating bill than building a greenhouse, if that is your only objective. The most effective ways of conserving energy are to add extra insulation to the house, to double- and triple-glaze the windows, and to caulk all the joints to eliminate cold-air infiltration.

If the greenhouse is intended only to serve as an attractive extra room (Fig. 1), consider building a solarium instead. The *Solarium Primer* and the *Solarium Workbook* are both excellent books on the subject.

Your food supply, as well, can be increased in several ways that are less expensive than building an energy-conserving or solar greenhouse. Enlarging an outdoor garden or improving your planting and management techniques in the outdoor garden can substantially increase the quantity of food you can harvest and store. Hotbeds and cold frames (Fig. 2) can increase the length of the outdoor growing season. Container gardens (Fig. 2) on balconies and rooftops are limited but useful substitutes for ground-level gardens. Windowsill greenhouses and indoor planter boxes with grow lights can provide some leafy vegetables throughout the winter.

These alternatives to the greenhouse may be able to answer your food production needs. On the other hand, if several of the benefits that can be obtained from an energy-conserving or solar greenhouse are of interest to you, this book offers many suggestions on how to design, build, and manage these structures effectively.

Personal involvement

Operating a greenhouse successfully both as a heat collector and as a food producer requires some commitment in terms of both time and effort.

To use a greenhouse for year-round food production, some complex greenhouse management skills are required. An experienced outdoor gardener willing to learn about greenhouse horticulture will likely become a successful and avid greenhouse grower. Details on greenhouse management are given in the second part of this book. In general, plants in a greenhouse require frequent attention. They have to be watered, fertilized, weeded, thinned, transplanted, inspected, and treated for insect and disease problems. In addition, the greenhouse interior climate has to be maintained within specified limits. Otherwise the plants simply die or become stressed and thus become more susceptible to attack by insects and disease. Extremes in temperature and humidity must also be avoided. Plants can be damaged in an overheated greenhouse, just as they are when the temperatures dip below freezing. Backup heating and ventilation systems are mandatory, and in some cases a cooling system also becomes necessary. These systems may be automatically or manually operated. Both types require attention to ensure proper functioning.

In a greenhouse adequate ventilation is essential, to replenish the carbon dioxide so vital to plant growth and to control high temperature and high humidity. The greenhouse can be ventilated using either outside air or air from the interior of the attached house. Light also has to be maintained at levels high enough to ensure continuous plant growth. Because winter light intensities are very low in Canada, the greenhouse user must maximize the amount of light entering the greenhouse. When insulating curtains or additional layers of movable glazing are used daily, they must be opened at sunrise and closed at sunset.

Using the greenhouse as a solar heater for an attached house is not simply a matter of adjusting the thermostat. The efficiency of a greenhouse as a source of heat depends on the circulation of air between the greenhouse and the main house. The movement of air is sometimes automatically handled by a thermostatically controlled fan. However, it is often achieved simply by opening doors and windows leading from the house into the greenhouse. Opening and closing these doors, windows, or vents at the appropriate times is a routine operation that is essential in preventing overheating of the greenhouse and excessive cooling of the main house. When insulating curtains or shutters are deployed at night to reduce heat loss from the greenhouse interior, they have to be removed in the morning to permit the greenhouse to act again as a solar air heater and as a growing unit. Operating these vents, windows, and doors has to be done routinely if the greenhouse is to be a successful solar air heater. The 5–10 minutes a day required may become an inconvenience, depending on your lifestyle.

Maintaining year-round food production in a typical family-sized greenhouse requires an average daily time expenditure of 1–1.5 hours for completing the routine operations described above. This time input increases somewhat for short periods during planting, transplanting, and crop changeovers.

If no one is at home during the day, consider installing automatic fans to circulate air between the house and greenhouse whenever the greenhouse temperature rises above a specified limit. For homeowners who are often away for several days at a time, the daily chores of looking after a greenhouse may become a burden, unless you can afford to install automated watering, insulating, and heating systems or you have a trustworthy and willing neighbor to depend on in your absence.

Cost

All costs quoted in this publication are based on 1982 prices. Construction costs for solar and energy-conserving greenhouses can vary enormously, depending on how much of the work you do yourself, how big the greenhouse is, how much of the material you can scrounge, and the quality of the materials you buy. Depending on materials and other design constraints, construction costs per square metre of floor space can range from $30 to $1000. The lower figure is for an owner-built greenhouse, using recycled materials

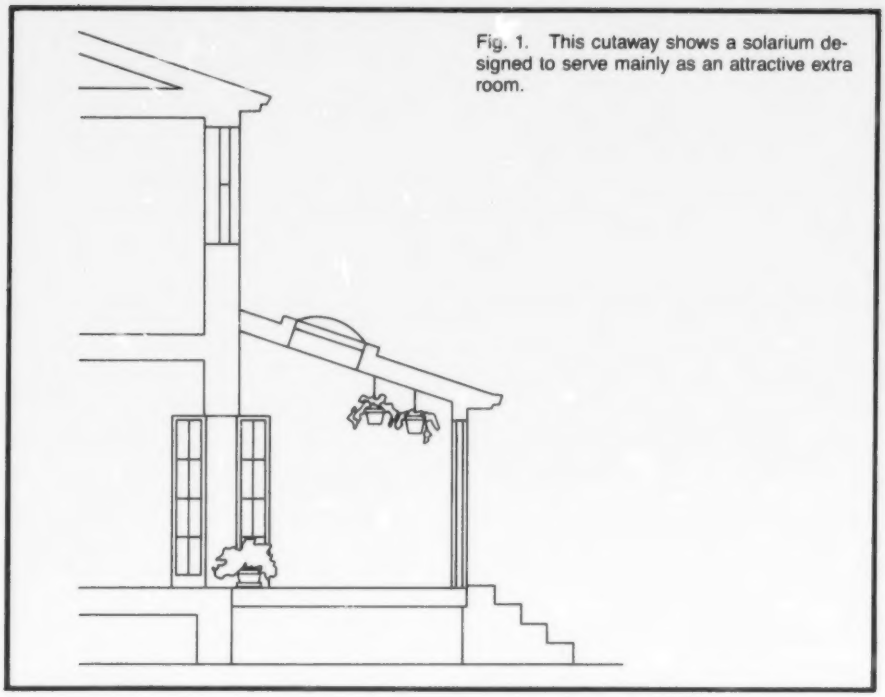


Fig. 1. This cutaway shows a solarium designed to serve mainly as an attractive extra room.

and polyethylene film glazing. The higher figure is typical of an expensive, custom-designed unit (Fig. 3) that is installed by a contractor, using all-new, top-quality materials, often including such features as curved-glass roof-to-wall sections. Attached greenhouses usually cost less than free-standing structures because they are built against an existing wall. Automatic venting and heating systems are more expensive than manually operated systems. Use of inexpensive, less-durable materials does keep initial costs lower, but consideration must be given to replacement cost. Polyethylene film is a case in point. This material is an inexpensive glazing material; however, it requires replacement every 1–3 years, depending on the grade and treatment of the material. The cost of most greenhouses usually falls somewhere between the above two extremes. With all-new materials, including good-quality double-layered fiber-reinforced polyester or standard patio-door thermopane, concrete foundations, and manual controls, an attractive, owner-built attached greenhouse costs about $100–150 a square metre. For a family-sized greenhouse of 20 m² the total cost runs about $2000–3000.

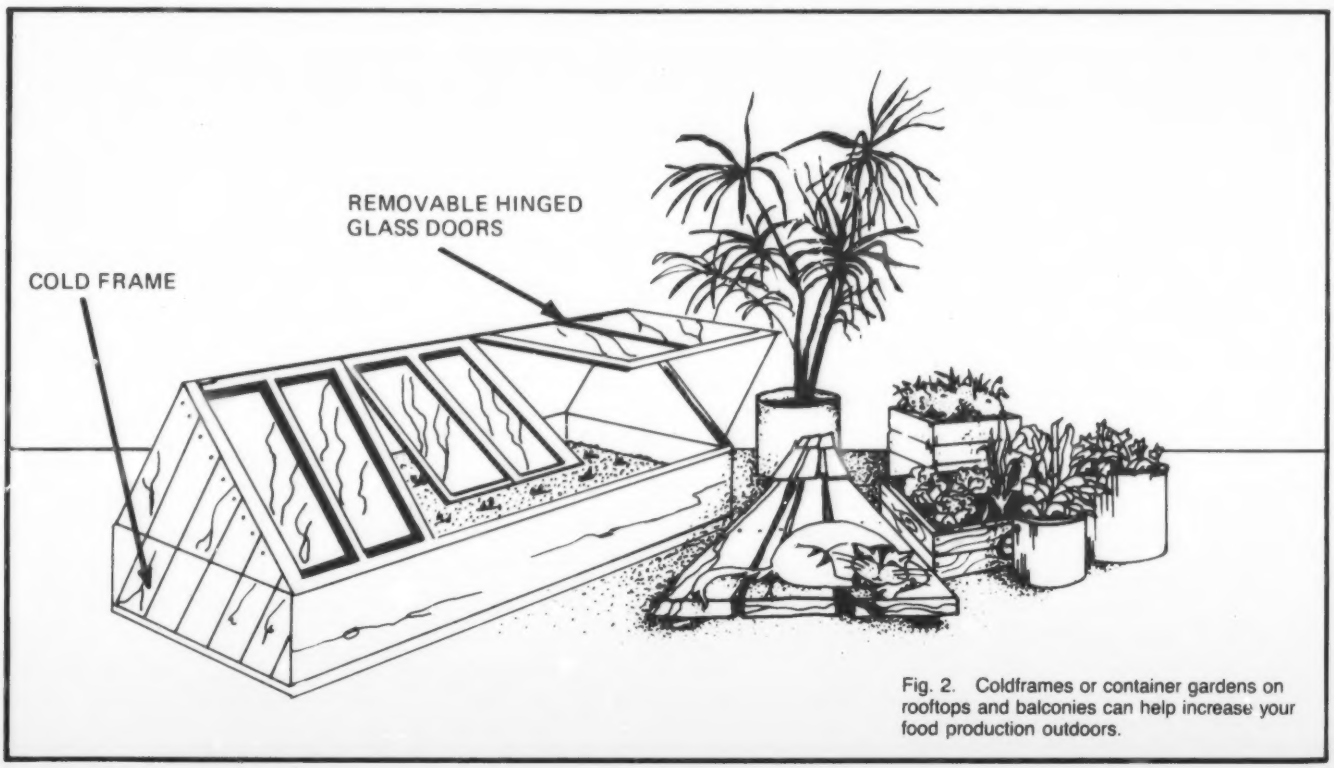


Fig. 2. Coldframes or container gardens on rooftops and balconies can help increase your food production outdoors.

Legal considerations

When planning a greenhouse, a number of loosely defined legal issues may affect what you can actually build and where you can build it. Only a few of these considerations are likely to affect your plans, because codes and regulations vary considerably from community to community.

Generally, the authority to enact and enforce building codes and regulations is vested in the local government, whether it be city, town, or municipality. These local regulations are usually based on a combination of structural safety, fire protection, and sanitation concerns, as well as possibly environmental and aesthetic issues. In most urban communities in Canada, a building permit is required before construction can begin. Failure to obtain such a permit in a municipality that enforces its building codes could result in a fine, or in some cases, enforced demolition of the structure. To obtain a building permit, building plans are submitted to the local building inspector, who determines if they meet existing regulations. In degree of detail required, these plans may vary from simple, clear sketches to complex engineering or architectural drawings. A building permit is usually inexpensive, although in some jurisdictions the fee is based on the value of the construction. Additional permits may also be required for installation of plumbing and electricity.

Copies of local building codes and regulations are available from municipal government offices. However, perhaps talking to other owners in your area who have recently put additions on their buildings would help you determine the best method of going through official channels.

To avoid the possibility of having a sound design rejected by a local building official because of his inexperience with solar greenhouses, perhaps your greenhouse could be described as a more traditional structure, such as an enclosed sunporch or enclosed balcony. The stamp and signature of a recognized professional architect or engineer on the design plans may also be helpful. In a small urban or suburban community, consider engaging the building inspector in the design process from the start. Holding discussions with the authorities periodically throughout the evolution of the design can expedite official approval of the final plans.

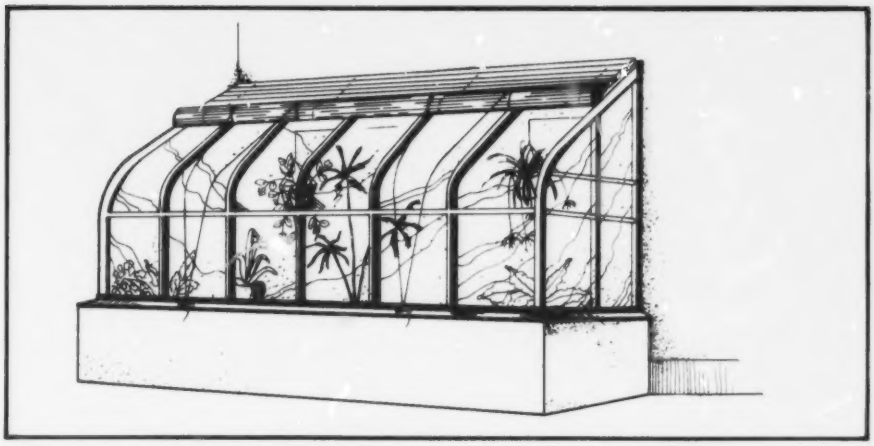
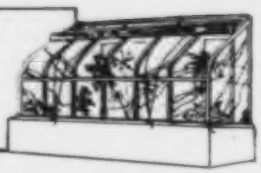


Fig. 3. A custom-designed attached greenhouse using top-of-the-line materials cost about $1000 a square metre at 1982 prices.

Zoning laws may regulate where you can build your greenhouse, as well as its appearance. These regulations deal with allowable uses for the zoned area, by specifying whether the property is residential, commercial, or industrial. They also specify set back, side clearance, and maximum lot coverage, affecting where you are allowed to locate the greenhouse on your property. They may impose certain other limitations affecting, for example, a proposed rooftop greenhouse. Finally, they may control certain aesthetic matters that might restrict the exterior appearance of the building. In a planned community, a subdivision, or a condominium development, restrictive covenants may limit the kinds of retrofit activities that are allowed. These regulations, imposed either by the developer or by an association of neighborhood residents, are often meant to maintain a sense of external building conformity. Because such covenants may be legally binding, you are well advised to examine them closely before initiating the design process.

Insurance coverage for a solar greenhouse is not usually difficult to obtain. In fact, your current homeowner's policy may have provisions for covering attached or detached new structures, as long as these structures conform to local building codes. Check with your insurance agent before starting to build, to ensure that the additional structure is covered either by the existing policy or by a special rider to the policy. In urban areas insurance companies sometimes have no precedent or category on which to base additional coverage. Solar greenhouses have been variously insured as greenhouses, attached inhabited and uninhabited spaces, heating systems, enclosed porches, and unattached buildings. If you are legally obliged to construct the greenhouse according to local building codes, but fail to do so, your insurance company may have grounds for refusing any claim made on the structure.

PART 2
Greenhouse construction



Design considerations

Location

Choosing a site is probably the single, most important factor in any plans to build an energy-conserving or solar greenhouse in urban and residential areas. The amount of sunlight falling on the greenhouse is directly affected by the degree of shading cast by nearby buildings. Site choice also affects the microclimate of your greenhouse. A poor choice could cause drainage, pollution, and safety problems. Furthermore, building regulations may restrict your options.

The greenhouse is best located where it is unobstructed by shade for long portions of the day, particularly during the winter. Greenhouses attached to a larger building should be located on the south wall of the existing structure. Any well-exposed wall facing any direction within 30° from the south is satisfactory. A freestanding greenhouse can generally afford more flexibility in location, as long as it is oriented with its long axis in the east–west direction. Thus the major face of glazing can be applied to the south wall and the permanently or seasonally installed insulation can be applied along the north wall and roof. The greenhouse should also be situated conveniently. Locate the greenhouse against or adjacent to those rooms in the main house requiring the extra heat it generates, or establish it close to the kitchen where the harvested produce can be efficiently processed. Situate an attached greenhouse over existing windows or a door that can provide direct access to the greenhouse from the main house as well as ventilation ports for interior climate control.

Urban greenhouses may be built at ground level on appropriate foundations, on a balcony or porch, or on top of a flat shed, garage, or house. Any location that offers enough space for a greenhouse big enough to meet your needs is satisfactory, as long as other design considerations can be adequately integrated.

Sunlight—Sunlight is required to provide much of the space heating for the greenhouse interior. It also supplies the light energy that plants need for growth. To determine where the maximum amount of sunlight on your property can be obtained, study the path the sun traces across the sky and note the obstructions in its path that cast shading at various seasons and times of day. Obvious obstructions to the sun include nearby buildings and trees, and farther away, high-rises and hills. Remember that the sun follows different paths across the sky in summer and winter. In the summer it rises in the northeast, traces an arc high in the southern sky, and sets to the northwest. In the winter the sun is always to the south. It rises in the southeast, stays low in the sky, and sets in the southwest. Trees or buildings that do not cast shade on your property in the summer may block direct radiation on a winter day when the sun is lower. Some shading in summer can be beneficial, but avoid shading in winter as much as possible.

Once a reasonably good site has been selected, estimate the number of sunlight hours the greenhouse is expected to get at various times of the year. If too much shading occurs in December and January, you may have to consider not using the greenhouse for growing purposes during these months. Alternatively, you could supplement the light levels inside the greenhouse with grow lights or change the site to a sunnier area.

When you have the option of situating your greenhouse on either a southeast or a southwest wall of an existing building, choose the southeast site. On the southeast site the sun starts to heat the greenhouse space earlier in the morning. Early-morning heat from the sun helps protect the plants against freezing and recharges the heat-storage system sooner. Plants also grow better when they get the early-morning light.

Microclimate—The microclimate of your site is determined by the weather conditions that occur at the specific location on which you choose to build. It may be significantly different from the climate recorded at the local weather station, or from the conditions on the street going by your house, or even from the climate on the other side of the house. It is affected by surrounding buildings and vegetation, the slope of the land, windbreaks, and the color of adjacent buildings. Some microclimate effects may be advantageous for your greenhouse, whereas others may create problems.

Some microclimates are beneficial. Locating the greenhouse on the south side of an existing building puts it in an area that is somewhat warmer and often less windy than elsewhere. The south sides of buildings absorb more solar radiation and can also reflect some of this radiation onto the ground in front. Reflected radiation heats up the ground and air immediately adjacent to the south side of the building.

Siting the greenhouse on south-sloping land provides similar benefits to those just described. Winds can also be lower on a south slope, and the soil, slanting more perpendicularly to the sun's rays, absorbs more radiation, thereby heating up earlier in the spring and cooling down slower in the fall.

Locating the greenhouse to take advantage of available windbreaks can greatly reduce heat loss in winter. Nearby buildings or coniferous trees and hedges to the west and north of the greenhouse site act as windbreaks to slow the winter wind before it hits the greenhouse. Decreased winds mean decreased cold-air infiltration and less wind chill, thus lowering heating bills.

Siting the greenhouse to take advantage of summer breezes helps to keep the greenhouse well ventilated, thus cooler, during the summer. Summer winds tend to come from the southwest, whereas winter winds are from more westerly and northerly directions. You can try to take advantage of northwest windbreaks and southwest exposure to provide better year-round weather conditions at your site.

Some microclimates, however, can be detrimental. Where there is a lot of snow in the winter, accumulations of ice and snow on higher roof areas create a potential hazard for the glazing on a greenhouse sited below.

Placing the greenhouse in the vicinity of very tall buildings may expose it to the strong winds they create. You have probably noticed the excessively high winds that sometimes blow around the base of high-rise buildings. These winds could be hazardous to your greenhouse. They definitely serve to increase your winter heat load.

Nearby fences, hedges, and other obstacles can cause snow to drift onto the site of your proposed greenhouse. Check where drifting occurs and try to avoid siting the greenhouse there.

Type

Urban greenhouses can be broadly classed as attached or freestanding. Attached greenhouses are built onto an existing building, making use of available walls or roof sections. When there is no convenient location for a greenhouse to be attached to your building, or when building codes, aesthetics, or space limitations require separate structures, a freestanding greenhouse may be the only alternative. Both attached and freestanding greenhouses can be partially sunk into the ground to take advantage of the insulating effect of the soil in the winter.

As already noted, however, attached greenhouses have several advantages. They are generally less costly to construct. Furthermore, attached to south-facing walls, they are less costly to heat. As well, they act as a buffer for the main structure, reducing heat losses from the south wall of the house. Finally, the direct access to the greenhouse from the main house is convenient and protects the plants from any cold-air shock that could from otherwise arise upon entering or leaving a freestanding building.

Shape

The shape of the greenhouse depends on several factors. As we have already noted, the two primary functions of a greenhouse are to provide an artificial environment suitable for year-round food production, as well as extra heat for the main house. Often design considerations concerning shape come into conflict in greenhouses intended to perform both these functions under severe winter climates. Another consideration concerning the shape of the greenhouse is whether it enhances the looks and value of the building to which it is attached or the property on which it stands. As well, the shape of the structure can play a deciding role in how effectively it satisfies your needs under certain space limitations. Each of these issues is discussed below, addressing the significant features that must be considered. It is up to you to assess the relative importance of each of these concerns in your own case. If your main interest is food production, give more priority to optimum light levels. If you are more concerned with providing an extra source of heat for your home, the shape of the greenhouse should emphasize heat collection. In both cases, the shape of the greenhouse should be tempered by aesthetics and space considerations.

Heat collection—To act as a good solar heat collector, the glazed area of the greenhouse should be as nearly perpendicular to the sun's rays as possible during the winter heating season. This orientation maximizes incoming solar energy and minimizes losses from reflection when energy is needed most. The optimum angle of the glazing for winter heat collection is approximately 15° greater than the latitude at the site. For example, at 50° north latitude, the best tilt for the south-facing glazing is 65°. However, in some cases this angle may need adjustment. In a sunny area with snow covering the ground to the south of the greenhouse during much of the winter, the extra radiation that is reflected off the snow can best be collected using a more nearly vertical south glazing. At a site that is generally cloudy during the winter, a lower slope, for instance latitude plus 10°, may be advisable. In the populated regions of Canada, with the low winter sun, the slope of the glazing from the horizontal can range from 55° to 90°.

Light penetration—The amount of light, rather than heat, is often the limiting factor for plant growth, particularly in areas with cloudy winters. Adequate light is needed year round to promote continuous plant growth. A greenhouse with glazing only on the south wall and roof does not allow enough light to penetrate to the back of the greenhouse during cloudy days in fall and winter. Plant growth in these shaded and darker areas is thus limited. In those regions of Canada with dominantly cloudy falls and winters, for example around southwestern British Columbia and in parts of southern Ontario and the Maritimes, diffuse light is needed from a large portion of the cloudy skies to provide the plants in the greenhouse with enough light to grow. Greenhouses there may require shallower-sloped south glazing, perhaps 30–45°.

In a freestanding greenhouse, the north, insulated wall and the roof should be shaped to allow the maximum amount of sunlight to reach the back of the greenhouse in both winter and summer.

The Brace Research Institute recommends that for a freestanding greenhouse the slope of the north-facing surface should equal the highest angle that the sun reaches in the sky at your site. The maximum solar elevation occurs at solar noon on 21 June. To calculate this angle, take the complement of your site latitude and add 23°. For example, in Saskatoon, at 52° north latitude, the complement of your site latitude is 90° minus 52°, or 38°. Thus the slope of the north wall should be 38 + 23 = 61°. This slope can vary up to 10° with negligible effect on the performance of the greenhouse.

Floor dimensions—Solar greenhouses should be rectangular in floor plan, with the longest axis running in an east–west direction. For attached solar greenhouses the best length is one-and-a-half to two times the width. This length-to-width ratio is the optimum in Canada because the dominant direction from which both direct sunlight and diffuse sky radiation come is the south. Therefore large, south-facing glazing areas can capture this radiation with less reflective losses than similarly large, east- and west-facing areas. Because most of the light enters from the south in greenhouses with this configuration, light distribution is not uniform over the plants. However, white paint on the interior of the north-facing surfaces reflects a considerable amount of light back onto the plants. For a solar greenhouse in which the width is nearly as large as the length, adequate access of sunlight to all parts of the greenhouse is virtually impossible unless you glaze the two end walls, facing the east and the west.

Maximizing growing areas—If space limitations restrict the usable floor area of the solar greenhouse, a structural shape with a steeply pitched, glazed area that covers part of the second story of the house allows a larger collection area and more space in which to grow plants. Some plants can be grown at floor level and others hung in pots at various heights throughout the greenhouse.

Enhancing the site—Solar greenhouses that are visually pleasing and that do not negatively alter the character of their surroundings require careful planning and concern for detail. An attached solar greenhouse should be a natural extension of the main building. Therefore, see that the lines of the addition conform to those of the existing structure. Freestanding greenhouses allow more freedom in shape aesthetically. Nevertheless a freestanding greenhouse should fit comfortably into its surroundings.

Minimizing heat loss—Heat losses due to shape are lowest when the exposed wall-and-roof areas of the greenhouse are minimized for a given interior floor area. Therefore the most efficient shape for conserving heat is offered by the conventional, square floor plan with roof surfaces sloping at 25–39°. However, a square solar greenhouse does not allow enough light to enter at the north side to sustain plant growth there. Therefore although light requirements necessitate a rectangular floor plan, avoid an excessively long, narrow shape that would incur an unnecessarily high heat loss.

Compromise—In virtually all parts of Canada, compromises become necessary when designing an energy-conserving or solar greenhouse, particularly when you are considering aesthetics, light accessibility, heat collection, and heat loss as they pertain to your particular site.

One compromise that balances the conflicting heat and light considerations is a design incorporating a double-sloping glazing on the south wall. The double slope is achieved by building a lower, glazed kneewall vertically from near ground level to a height of 900–1500 mm. From here, a glazed roof section is sloped back at an angle of 15–45° to the horizontal and connected to the wall of the main house (for attached structures) or to a north-sloping roof (for freestanding greenhouses). The vertical glazing on the kneewall contributes to winter heat gain while the shallower roof glazing allows better entry of diffuse light on cloudy days and better penetration of direct and diffuse light in summer to the back of the greenhouse. Depending on the microclimate of your site, you may choose to insulate the less steeply inclined, upper glazed section for the winter, removing the insulation for spring, summer, and fall operations. This option is particularly advantageous in an area with a lot of sunny fall and winter days.

A south, vertical or steeply sloped kneewall provides plants and people with adequate head room, allows you more room for installing heat storage, and provides a place on the outside for snow to accumulate when it slides off the greenhouse roof. Greenhouse designs with glazings or wall sections that slope at an angle of less than 60° right to the floor do not offer these same advantages. Such structures may, however, be easier to construct and seal tightly since there are fewer joints, particularly when the glazing slopes at the same angle from the greenhouse peak to the floor.

Size

Size, like shape, is a critical design consideration for the solar greenhouse. The size of the greenhouse depends on the purpose for which it is intended. It is also strongly influenced by the space limitations of the site. A greenhouse on a balcony, porch, or garage roof must be sized to fit the appropriate available space. However, an attached or freestanding greenhouse at ground level offers more flexibility.

For a significant reduction in home heating costs, an attached solar greenhouse should have a glazed area that is at least 10% of the floor area of the main house. For a residential floor area of 180 m², for example, the minimum amount of glazing required is approximately 18 m².

Solar greenhouses used as a major source of food require a floor area of approximately 6 m² per person. An area of this size includes sufficient space for adequate walkways and heat storage in the greenhouse. For a family of four, a greenhouse of 24 m² is in order.

A greenhouse used only to supplement vegetable supplies throughout the winter can be reduced in size by half. Generally the smallest sizes considered practical are 2.5 × 4 m for an attached greenhouse and 3 × 6 m for a free-standing greenhouse. Greenhouses any smaller than this incur costs for construction and supplementary heating that are too high for the limited growing area they offer. These minimum size restraints do not apply to greenhouses built on a balcony or porch.

Light

To maximize the amount of light energy that is obtained through the glazing, the support structure should be made as light as possible while remaining capable of providing adequate strength. The heavy glazing supports of post-and-beam construction, though strong and cheap, tend to reduce the amount of radiation entering the greenhouse. Each layer of glazing installed in the greenhouse also reduces the amount of light penetrating to the interior. Two layers of glazing, however, do keep heat losses from the greenhouse to a reasonable level. Whether it is worthwhile installing a third layer of glazing to further reduce heat losses depends on what plants you want to grow in the winter when light intensities are low. Houseplants can generally tolerate the low light levels that result after the installation of a third glazing. However, for vegetable production three layers of glazing may keep light levels below the minimum threshold needed. This light restriction may occur for long enough periods during early morning and late afternoon to shorten the day length to below an acceptable level for adequate plant growth.

Light intensity inside the greenhouse is not significantly affected by the degree of translucency of the glazing. Plants often grow better in the more diffuse light entering through translucent glazings such as fiber-reinforced polyesters and polyethylene film than they do in direct light radiation. People, on the other hand, usually prefer a transparent glazing, through which they can see outside.

Glazing protection

Inclined glazing surfaces must be capable of withstanding the same external loads that regular roof structures are designed to resist. For example, in areas of heavy snowfall, a shallow-sloping greenhouse glazing must be able to support about 1 kN/m of snow. Only a few fiber-reinforced polyesters, acrylics, and tempered glass glazings can withstand this heavy a load, and to do so they must be properly supported. Look at the manufacturer's specifications and warranty information to ensure that the material under consideration is suitable for your project.

When there is danger of ice or snow falling from adjacent buildings onto the roof glazing, incorporate a solid roof section or install a suitable, break-resistant glazing at that point.

Some glazing materials cannot withstand direct exposure to ultraviolet radiation from the sun. Such materials can, however, be used as the inner layer in a combination of two or more layers of glazing materials. The outer, more expensive glazing is chosen for its ability to resist ultraviolet degradation and serves to protect the inner layer.

Heat

The amount of heat retained by a solar greenhouse depends partly on the amount of insulation installed in the opaque walls and partly on the general tightness of the structure against infiltration of cold air. The opaque surfaces of the greenhouse warrant only an average amount of insulation because most of the heat loss occurs through the glazed areas. In most urban areas of Canada the equivalent of 140 mm of fiberglass batt insulation in 38 × 140 mm framing is adequate. In milder climates, such as in the Vancouver and Victoria areas, 38 × 89 mm framing with 90 mm fiberglass insulation is sufficient. Glass fiber and polystyrene insulation are recommended because these materials are not destroyed by moderate amounts of moisture penetrating through the walls. Avoid cellulose insulation, which deteriorates rapidly when it gets wet.

A greenhouse containing very few air leaks retains heat better than a leaky greenhouse. To ensure the general tightness of the insulated walls and roof, use a continuous 100-μm polyethylene vapor barrier on the interior of the studs and rafters and patch all holes in the polyethylene before installing the interior sheathing. Ensure tightness at corners and edges of glazing, roof, walls, foundation, doors, and vents by caulking all joints and cracks with latex or butyl caulking.

The large amount of heat lost through the glazing can be reduced by insulating the glazed area during the night. Insulated night curtains or shutters can be used, but remember to incorporate an area in your design for storing these glazing covers during the day.

An effective heat-storage system is an important element in solar greenhouse design. The location, type, and amount of storage material and its exposure to direct sunlight or warm, circulating air are important design considerations from the points of view of effective use of space and backup heating requirements. Refer to the section "Thermal Storage Systems" for further details.

Rot prevention

Water collecting and sitting on wood surfaces can cause rotting to occur. Ensure that interior and exterior surfaces of the greenhouse structure are sloped to prevent water from accumulating. The interior surfaces must all be sloped inward to shed the water that condenses on them from the moist greenhouse air.

All exterior surfaces should slope outward and slightly down to shed rain water. The proper slopes are particularly important when recycled wood-framed windows and horizontal wood battens are used.

Another way to prevent rot is to use rot-resistant wood. Redwood, cedar, or lumber that has been pressure treated or painted with a copper napthanate preservative are satisfactory. Do not use pentachlorophenol or creosote preservatives to treat wood used in a greenhouse, as these chemicals can damage or kill plants. Use a good water-resistant material for sheathing the greenhouse interior.

Exterior siding, exterior grade plywood, and water-proof sheetrock are all acceptable. Do not use interior-grade plywood, regular sheetrock, particle board, or masonite, even if they are well treated and painted. These materials deteriorate quickly once the surface treatment cracks.

The structural component that is the most prone to rot is the sill, the strip of wood that is attached directly to the top of the foundation. Always use rot-resistant or treated wood for the sill.

To protect all other interior framing and sheathing surfaces, apply a good-quality oil-based primer and two coats of exterior paint. Prime and paint all cuts made in the framing members and all wood surfaces on which the glazing is to be installed. A fresh coat of paint every year or two keeps the wood protected and maintains good light reflection within the greenhouse.

Use only galvanized nails when constructing the greenhouse. The high humidity and condensation within a greenhouse cause nongalvanized nails to rust. Besides being unsightly, rust can eventually deteriorate the shank of the nail, thus reducing its holding capability and permitting entry of wood-rotting moisture.

Design examples

This section describes 11 different solar greenhouses designed to suit various urban sites. Each design contains some of the features discussed previously in this section. Although none of the examples presented here may parallel your specific case in all respects, they should provide you with some ideas that can be incorporated into your design.

Solar greenhouse on a balcony (Fig. 4)

This balcony was converted to a solar greenhouse only after ensuring that the weight of the greenhouse and its contents could be safely supported on the existing structure. Calculations showed double glass to be too heavy, so the owner used two layers of polyvinyl chloride plastic sheet to cover the south wall and the glazed parts of the east and west walls. The glazing material used on the roof was corrugated fiber-reinforced polyester with an inner layer of polyethylene sheet plastic. The balcony floor was insulated from underneath. Approximately half the area of each of the east and west walls and the roof was insulated.

The south-facing wall was built to head height to permit easy access to all parts of the greenhouse and to permit multiple use of this new living space. The roof slope was kept intentionally low to avoid building against the uninsulated upper portion of the brick wall of the main house. A steeper roof slope to include this upper wall would have required that the brick be insulated to prevent large amounts of heat from being lost into the unheated attic. With such a shallow roof angle, the owners have found that they can conserve a lot of heat energy by covering the glazed portion of the roof with moveable insulation panels during the winter.

Portions of the glazed walls on the east and west, as well as the unglazed section of the roof, serve as vents. These vents, along with shading devices, help to prevent overheating in the spring and summer. The door that opens onto the balcony provides the necessary exchange of air between the main house and the greenhouse.

No heat storage device is used. However, the soil in the planter boxes and the brick wall of the main house do have heat storage capabilities.

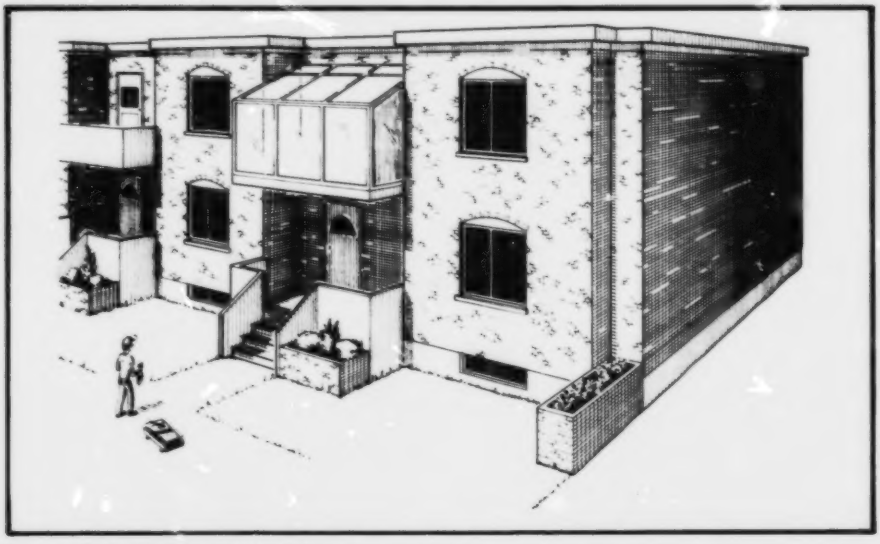


Fig. 4. Solar greenhouse on a balcony.

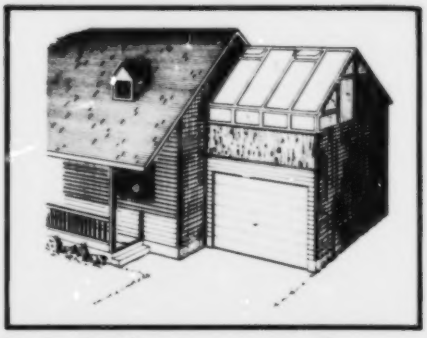


Fig. 5. Greenhouse on a garage roof.

Greenhouse on a garage roof (Fig. 5)

The original low-peaked roof structure of the garage in this example was removed and new framing was installed to support the greenhouse floor. Because the garage was to remain unheated, the greenhouse floor had to be well insulated to minimize heat losses. Double-pane glass was used for all glazed areas, and the north roof and unglazed sections of the other walls were well insulated. The original wall of the main house was modified by replacing a window with a door and adding a large window facing into the greenhouse.

Circulation of air between the greenhouse and the main house is provided by opening the door and by operating a circulating fan. Overheating in summer is prevented by opening the glazing vents and using a fan exhausting to the outside, mounted near the greenhouse peak.

The 40° angle of the roof glazing allows snow to slide off. A roll-down, insulated curtain is used on the inside of the glazing on winter nights to reduce heat losses.

Heat is stored in six water-filled, 200-L drums placed along the back of the greenhouse. An electrical baseboard heater is thermostatically controlled to keep the greenhouse temperature above 10°C.

Converting a ground-floor porch into a greenhouse (Fig. 6)

The porch in this example was originally open on two sides. The roof of the house covered the porch. The concrete foundations for this greenhouse were extended out from the foundations of the house and a floor was constructed from a 150-mm concrete slab placed on top of gravel. Exterior insulation was used on the foundation. The roof line of the greenhouse keeps the same slope as the roof of the house. The upper half of the greenhouse roof, originally the roof of the porch, was left unglazed and insulated. Transparent roof vents were installed just below the solid portion of the roof. An external layer of corrugated fiber-reinforced polyester was used to construct the remainder of this low-angle roof. Calculations showed that this material would be strong enough to support the heavy snow loads that are common in the area. The remainder of the greenhouse was glazed with double-skinned polycarbonate sheet.

No modifications were made to the existing house structure. The door and windows that faced onto the porch now face into the greenhouse and provide adequate air circulation when open. Venting to the exterior in warm weather is provided by a door on the west side leading directly into the greenhouse and by vents in the upper roof.

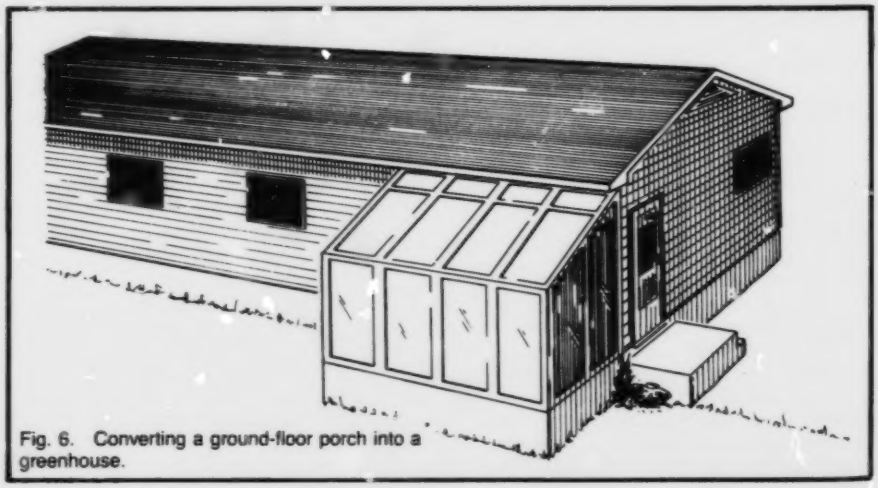


Fig. 6. Converting a ground-floor porch into a greenhouse.

Heat is stored in the concrete floor and in a row of vertical water drums placed under benches at the front of the greenhouse. Electrical baseboard heaters provide backup heat when necessary.

Attached greenhouse with a vertical kneewall (Fig. 7)

This greenhouse is similar to the previous structure, except that instead of incorporating a porch from the original structure into the new greenhouse, the owners constructed a completely new addition against the south wall. The greenhouse covered one of the original doors and two kitchen windows overlooking the backyard. All glazing was thermopane glass.

Natural ventilation to the outside was provided through the vertical lower windows and the upper row of roof windows. Air circulates between the house and greenhouse through two windows leading from the heated basement and through the kitchen windows.

No night-time insulation is used on the glazing. However, during some winters, the owners have had to install a temporary third layer of glazing, consisting of polyethylene film, on the inside of the greenhouse. Although this plastic film obstructs their view for a few weeks, it acts as an effective insulation and does not require daily opening and closing.

Heat is stored in water drums placed along the front of the greenhouse near the vertical glazing. Backup heat is provided by a thermostatically controlled fan pulling warm air in from the heated basement.

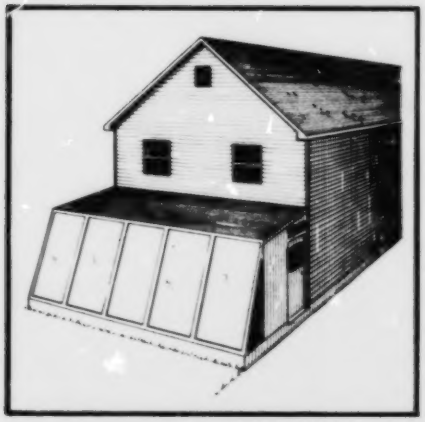


Fig. 8. Attached pit greenhouse.

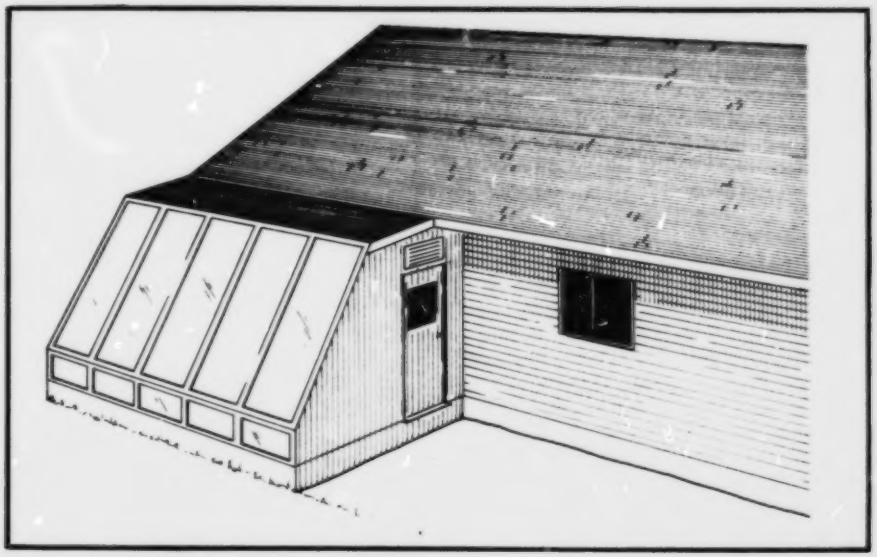


Fig. 7. Attached greenhouse with a vertical kneewall.

Because this house is in a heavy-snow area, a vertical kneewall was used for the glazing near ground level.

Attached pit greenhouse (Fig. 8)

The floor of this greenhouse was sunk 1 m into the ground to take advantage of the insulating effects of the soil at this level. The foundation walls were insulated on the outside to a depth extending below that of the floor. The walls and the nearly horizontal roof were also well insulated. The glazing material used throughout was double-layered polycarbonate.

Ventilation is provided by a fan mounted in the upper part of the east wall, with air entering through an intake vent installed above the door on the west wall. Ground-floor windows, a door, and a small fan at ceiling level provide the necessary air movement between the greenhouse and the adjacent rooms of the main house.

Moveable insulation made of sandwiched plywood and polystyrene panels is placed against all glazing at night. When not in use, this insulation is stacked neatly along the inside of the east wall.

Heat is stored in two rows of water drums stacked one above the other along the back wall. These drums are painted black to absorb the direct rays of the sun. Additional heat is transferred to the water from warm air forced to circulate around the drums by fans. No backup heat is provided.

This greenhouse is located in an area with traditionally low snowfalls. Any large accumulation of snow has to be manually removed when it piles up against the lower part of the glazing.

The greenhouse has no water seepage problems below ground level because it was built on well-drained soil that slopes away from the house.

Attached greenhouse with a shallow roof (Fig. 9)

This greenhouse was a prefabricated unit, sold and installed by the manufacturer. The homeowner poured and insulated the concrete foundation. The glazing material used throughout was thermopane glass, supported on anodized aluminum frames.

No air exchange was provided with the main house. The greenhouse interior is maintained at a minimum temperature of 15°C by a thermostatically controlled, gas-fired, hot-water heating system.

The site for this greenhouse receives an average of 2.5 m of snow in the winter. Any accumulation on the shallow roof is soon melted off by the heat lost from the interior through its double layer of glass.

Attached greenhouse on an east wall (Fig. 10)

With no space to build a greenhouse onto the south wall, the owner in this example elected to build an essentially freestanding, Brace-type greenhouse against the east wall of the house. To avoid excessive shading of the glazing, the kneewall of the greenhouse was located flush with the south wall of the house. Also, the first metre of the greenhouse adjacent to the house was left unglazed and insulated.

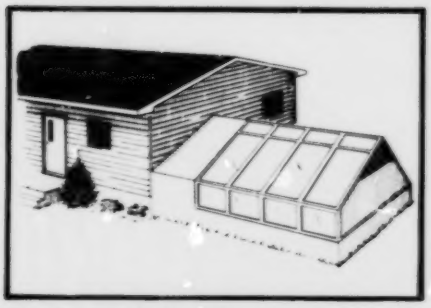


Fig. 10. Attached greenhouse on an east wall.

A floating slab was used for the foundation. This type is more economical than a perimeter foundation but is suitable only on a very few soil types. Perimeter foundation insulation was used. The sloping north wall was also well insulated. The glazing material used was double-layered, fiber-reinforced polyester.

The greenhouse is ventilated in warm weather by opening up vents in the glazed kneewall and the single vent at the peak of the east wall. Air exchange between the greenhouse and the main house is accomplished by using an exhaust fan at roof level and a cool-air-return port at floor level.

Although the glazing is uninsulated, the plants are covered at night by an aluminized plastic film forming a tunnel over the individual beds of plants. These tunnels cut radioactive heat losses from the plants and soil. Furthermore only the space immediately surrounding the plants need be heated when backup heating becomes necessary.

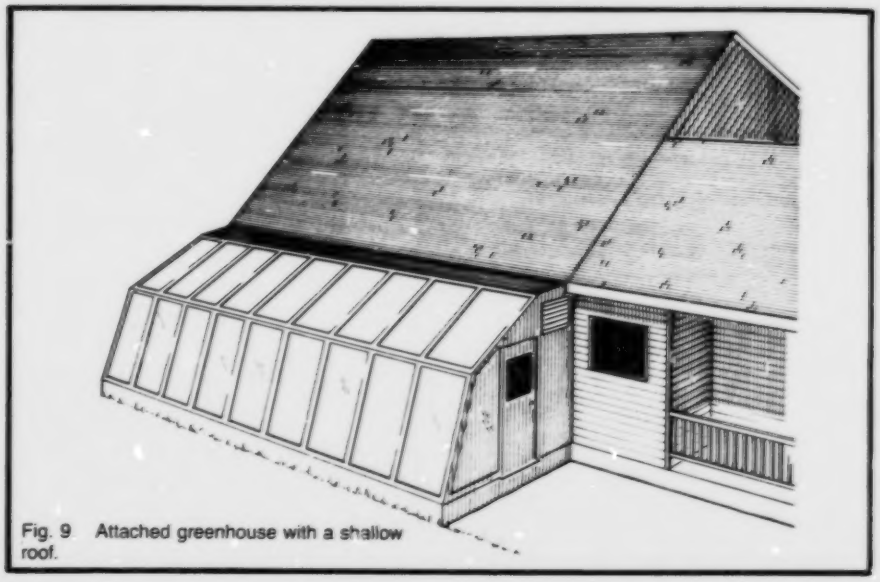


Fig. 9 Attached greenhouse with a shallow roof.

Heat is stored partly in the concrete floor pad and partly in 200-L water-filled drums placed across the back of the greenhouse and under benches at the front of the greenhouse. A circulating fan directs the warmer air that accumulates at ridge level down onto the concrete floor and around the water drums.

This attached greenhouse was designed for year-round cultivation of vegetables. The angles of the glazed roof and the insulated north wall are appropriate for this purpose. The angle of the glazed surfaces, however, allows an excessive amount of solar light and heat to enter the greenhouse during the summer. Therefore the roof glazing is equipped with an external, slatted, wood-and-bamboo shade to partially screen out some of the excess sun in summer.

Freestanding, modified, conventional greenhouse (Fig. 11)

A small, conventional greenhouse built on this suburban plot many years ago was modified to make it more energy efficient. A single layer of glass covered all sides and the roof of the original structure. The new owners completely insulated the north roof and wall and more than half of both the east and west walls. They also insulated the foundation on the outside down to the footings. Then the remaining glazed area was caulked and sealed, and an inside layer of glazing consisting of clear polyvinyl chloride film plastic was installed and well sealed.

Ventilation is provided by an exhaust fan above the east wall door and an air intake near the ridge of the west roof. Natural ventilation was considered too expensive because new window vents would have been required, as well as opening and closing mechanisms for several window panels in the kneewall and near the peak.

No insulation is used against the glass at night. However, aluminized plastic film tunnels as described in the previous example are employed during the winter to reduce heat losses from the plant beds at night. No backup heating is provided because the winters are mild. Heat is stored in 200-L water-filled drums placed in a single row immediately behind the vertical glazing and in two rows stacked against the north wall.

Sections of the east and west walls were glazed to allow more light to enter to greater heights immediately adjacent to these two walls than would otherwise have been possible.

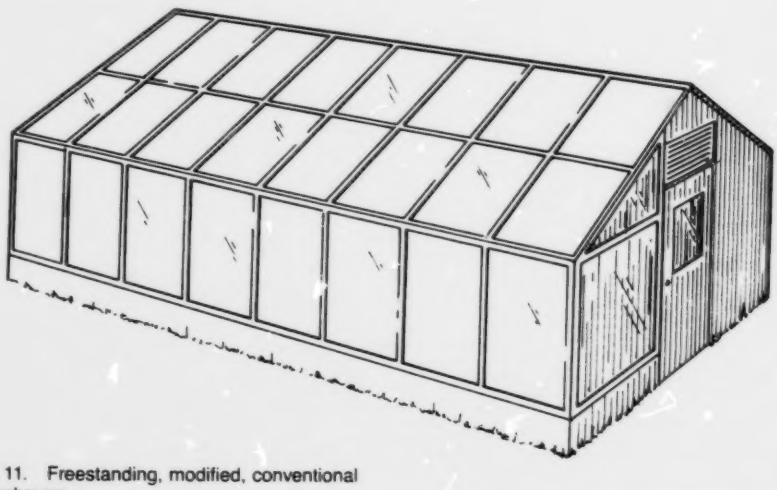


Fig. 11. Freestanding, modified, conventional greenhouse.

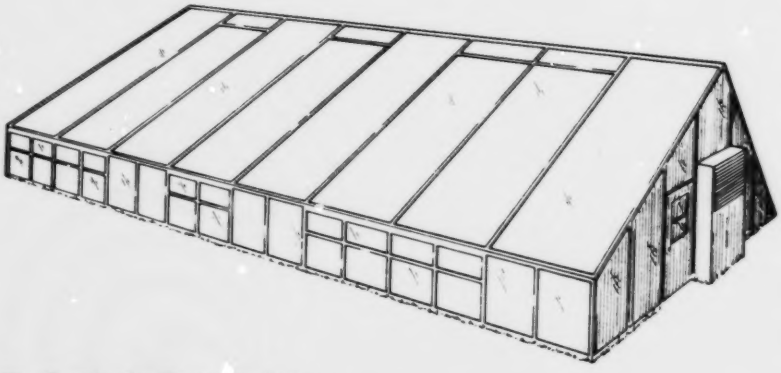


Fig. 12. Freestanding Brace greenhouse.

Freestanding Brace greenhouse (Fig. 12)

This relatively large greenhouse was built on a vacant lot in an urban area. It is run by a community organization to provide a garden nearly all year round for several families, as well as to start seedlings in the spring for other local residents. The greenhouse features a well-insulated north wall painted white on the inside to reflect radiation onto the plants from the north, post foundations, post-and-beam construction, ground-level growing beds, a perimeter insulated 600 mm into the ground, and fully glazed east and west walls. A double layer of glazing was used throughout except on the end walls, which were triple glazed. A good-quality fiber-reinforced plastic was used on the outside and polyethylene film on the inside. The polyethylene film is removed in the late spring, summer, and early fall. The greenhouse is not used from early December until mid February.

Summer venting is provided through low- and high-level vents in the glazing, and when necessary, through an exhaust fan and intake port combination on opposite end walls. Ventilation in late fall, late winter, and early spring occurs through two air-to-air heat exchangers located near the end walls.

Heat is stored in large, drainable water-storage tubes placed along the north wall. No backup heating is provided.

Large freestanding greenhouse (Fig. 13)

The owners of a 10 × 30 m city lot were unable to build a solar greenhouse attached to their residence because of site limitations. They had to settle for a freestanding greenhouse in the backyard.

They constructed the east, west, and north walls from solid concrete blocks, resting on concrete footings. The floor was constructed from a poured slab of concrete 200-mm thick. The foundation walls were insulated on the outside down to the footings. The north, east, and west walls were insulated on the exterior. A double layer of glass was used as the glazing material. The owners put the two layers together themselves.

Entry to the greenhouse is gained through a vestibule. This air-lock entryway protects the plants from sudden blasts of cold air. The greenhouse is used for growing plants and for recreation year round. Therefore, ventilation and heating systems are of considerable significance. All ventilation is to the outside. It is controlled in winter by an air-to-air heat exchanger and in summer by an exhaust fan at peak level and intake vents at floor level. Solar heat is stored in the concrete walls and in two storage bins containing rocks. These bins double as supports for the plant benches. A fan moves warm air from the greenhouse peak down through the rock bins. Backup heat is provided by several thermostatically controlled electrical baseboard heaters.

A major problem, however, has been discovered in the operation of this greenhouse. The owners had automated the heating, ventilating, and plant-watering functions, so that they could leave home for several days at a time, particularly in the winter to go skiing. Unfortunately, the site is in a heavy-snowfall area. During weekend storms snow quickly built up against the sloped glazing, often blocking up to half its area. Because the obscured glazing areas were then no longer efficient as heat and light collectors, the electricity consumption increased markedly during

these incidents. This problem could have been significantly reduced had a vertical kneewall been incorporated into the design.

Freestanding greenhouse for a mild climate (Fig. 14)

This small, freestanding greenhouse is located in a backyard garden in a heavily populated suburb of Vancouver. There was not enough room to build an attached greenhouse on the south side of the house. A garage and the proximity of both the neighboring houses and the road combined to make an attached greenhouse impossible.

The east, west, and north walls of the greenhouse were insulated. The roof was made of double-layered, tempered glass, and the glazing material used on the other surfaces, including that on the east and west walls, was two layers of regular window glass. The very low slope of the roof was considered satisfactory for the mild climate of the southern coast of British Columbia, where snow accumulation is minimal. The shallow foundations were insulated on the outside to 300 mm below ground level.

Planting is done directly into the soil floor. Ventilation occurs through lower vents in the side walls and upper vents in the roof. No forced ventilation is used. During warm periods all vents and the door are left open.

Heat is stored in four 2-L drums filled with water and laid on their sides across the back of the greenhouse. Insulating shutters, hinged against the north wall, are swung into place against the roof glazing when nights are cold. The owners operate the greenhouse year round with no auxiliary heat. They use it mainly to grow cooler-season greens and early-spring seedlings.

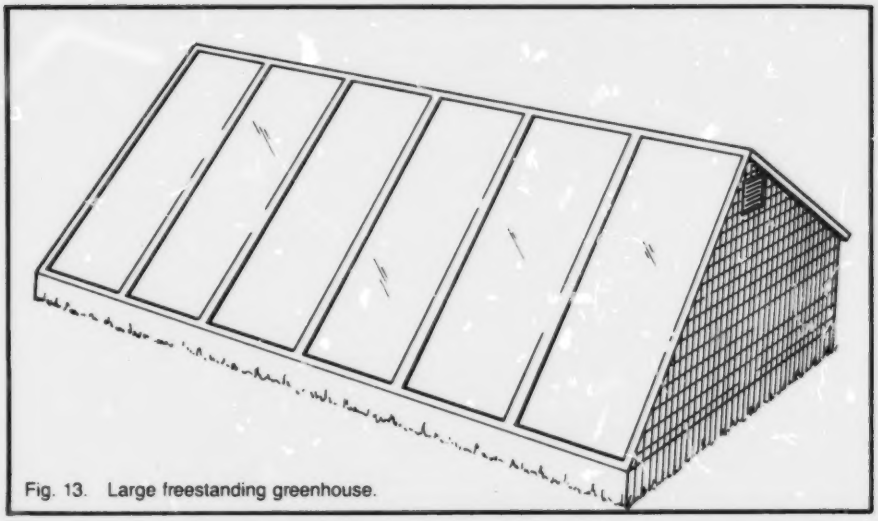


Fig. 13. Large freestanding greenhouse.

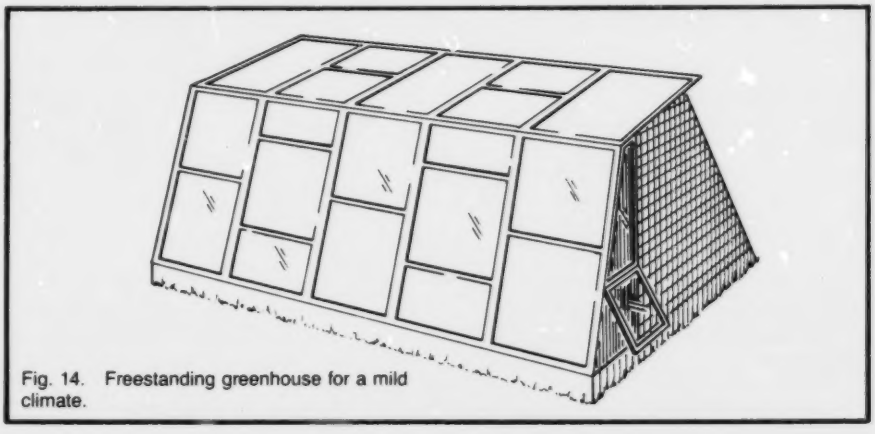


Fig. 14. Freestanding greenhouse for a mild climate.

Construction details

Foundation

The foundation may consist of a wall, a series of piers, or a flat slab, resting on a deeper and wider masonry section called the footing. The foundation supports the whole structure, holding the building in place and keeping it from sinking or shifting on the ground. The footing distributes the weight of the structure over a large area. Foundations and footings also anchor buildings to the ground, an important function in the case of lightweight greenhouses built in areas subject to high winds.

A solid foundation facilitates construction of the greenhouse and ensures the longevity and stability of the structure. Since greenhouses are usually lighter than standard houses, their foundations need not be as large. Generally, the bottom of the footing should rest below the frost line to avoid problems due to heaving. The frost line extends to as deep as 1200 mm or more in some urban areas of Canada. Properly installed foundation insulation helps to protect the foundation from frost heaves. For details, see *Handbook on Insulating Homes for Energy Conservation*.

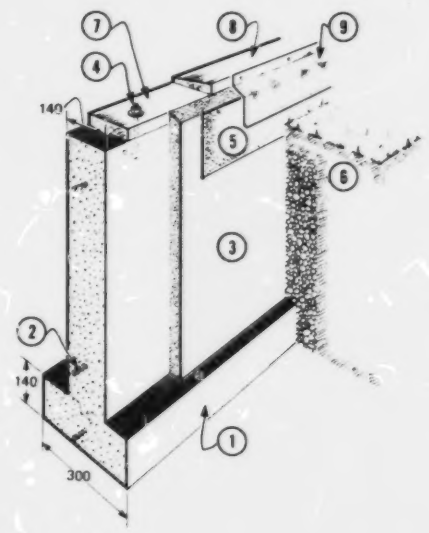
Foundations should rest on undisturbed soil, to avoid problems caused by settling later. When digging inside or outside the installed foundation be careful not to undermine the footings.

Three types of foundations are discussed here: poured concrete (Fig. 15), concrete block installed on poured-concrete footings (Fig. 16), and cedar post (Fig. 17). Details of construction are given in Figs. 15–17. General considerations are presented here in the text. For further information on foundation construction, consult a specialist in your area.

Begin your foundation by leveling an area of suitable size. Mark out the dimensions of the foundation, ensuring that perimeter walls are perfectly square. Measure the diagonals to make sure that they are of equal length. Dig the appropriate trench or holes. Be careful not to damage any existing underground systems such as drainage pipes, sewer lines, or buried cables. You may want to hire a backhoe operator for this job. Then set in the footing forms if necessary (Figs. 15 and 16) and brace them well so they do not bulge when the concrete is poured. In the case of continuous footings (Figs. 15 and 16), install 10M reinforcing bars and overlap them 300 mm at each end. Tie the overlapping ends with heavy wire. Pour the footings. Set in the concrete forms for the foundation wall (Fig. 15) and brace them well. Position the anchor bolts at 1200-mm intervals (Figs. 15 and 16), staggering them so as not to coincide with the insertion positions of the wall studs for the greenhouse. The anchor bolts are used to tie the sill plate, and thus the rest of the greenhouse frame, to the foundation. For post foundations, set in rock or concrete footings in the holes dug at the appropriate locations. Align the posts and ensure they are vertical. Then firmly tamp successive small amounts of earth into the holes around the posts. Continue filling and tamping until each hole is filled and the posts are rigid. For instructions on completing the foundations, refer to the appropriate drawing (Figs. 15–17). Make the top of the foundation at least 150 mm above ground level, to keep the rest of the structure away from the moist earth.

To prevent excessive heat loss through the earth and foundation walls, insulate the perimeter of the foundation on the outside. The thickness and depth of insulation varies with the severity of the winter climate. However, in virtually all Canadian climates, use a minimum of RSI 1.76 to just below the frost line. In areas with greater than 5000 heating degree-days, use RSI 2.5 insulation. The best insulation is blue-colored, rigid, extruded polystyrene, because its resistance to moisture damage makes it suitable for underground use. White polystyrene bead-board usually absorbs some moisture and is therefore not recommended for foundation insulation. Extend the insulation above ground level, high enough to cover the exposed foundation and the sill of the foundation, except in the case of post foundations.

Fig. 15. Poured concrete footing and foundation wall.



1 DEPTH OF FOOTING TO BELOW FROST LINE, OR TO SOLID ROCK
2 10M REINFORCING ROD
3 MOISTURE-RESISTANT RIGID INSULATION BEVELED AT TOP
4 M12 x 200 mm ANCHOR BOLTS 1200 mm OC TO TIE SILL PLATE TO FOUNDATION
5 CEMENT PARGING OR PRESSURE-TREATED PLYWOOD
6 BACKFILL TO 150 mm BELOW TOP OF CONCRETE, SLOPE SOIL AWAY FROM GREENHOUSE FOR DRAINAGE
7 CCA OR ACA TREATED 38 x 140 SILL PLATE
8 38 x 140 BOTTOM PLATE OF FRAME, BEVELED TO SHED WATER
9 INSTALL FLASHING AFTER WALL FRAME IS MOUNTED ON SILL PLATE

To protect exterior insulation from the sun and from physical damage, cover it with expanded metal lath topped preferably by cement parging. Extend the lath from the top of the insulation to 100 mm below ground level. Attach the lath to the foundation wall over the insulation with concrete nails and washers. Trowel the cement parging over the lath. Pressure-treated plywood or cement asbestos board can be used in place of the parging.

Flashing, when used, extends from the sill to ground level, where it terminates with a drip edge. Nail the flashing to the bottom plate of the frame wall. Caulk all flashing joints to prevent water penetration.

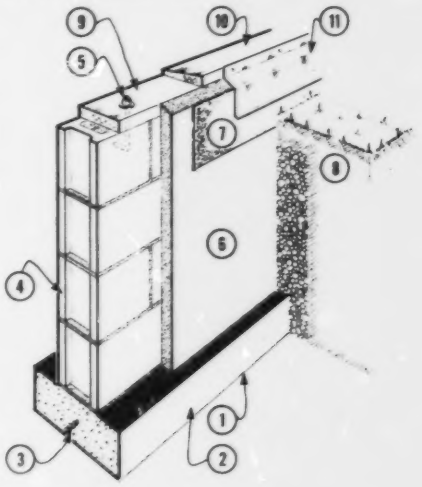
The foundation of an attached greenhouse does not have to be tied into the foundation of the existing house.

A new foundation system is not a relevant consideration when you are building a greenhouse on top of a flat roof or a porch. You must, however, determine whether the existing structure can support the proposed greenhouse. Rooftop greenhouses may incur higher costs and require somewhat more work than ground-level greenhouses because of the increased structural reinforcement of the supporting roof that is often required. Most rooftop additions must be able to withstand wind loads of up to 1.4 kN/m^2 on all surfaces. Therefore the new structure has to be securely fastened to the supporting roof. Consult a structural engineer to determine whether the roof support structure needs to be fortified and whether lightweight materials are mandatory for construction, thermal storage systems, and growing medium.

Framing

Glazing framing—In greenhouses the glazing frame is usually integrated with the structural frame. The frame serves to support the weight of the glazing, along with that of the expected snow and wind loads.

Fig. 16. Concrete block foundation wall.



1 DEPTH OF FOOTING TO BELOW FROST LINE, OR TO SOLID ROCK
2 140 x 300 mm FOOTING WITH VERTICAL REINFORCING ROD EVERY 1200 mm TO CORRESPOND TO LOCATION OF HOLLOW CORE IN BLOCK, VERTICAL ROD TO BE LONG ENOUGH TO PASS IN TO TOP ROW OF BLOCKS, FILL ALL VERTICAL CORES CONTAINING REINFORCING RODS WITH CONCRETE
3 10M REINFORCING ROD
4 HOLLOW-CORE CONCRETE BLOCKS
5 M12 x 200 mm ANCHOR BOLTS @ 1200 mm OC, INTO FILLED BLOCK CORES, TO TIE SILL PLATE TO FOUNDATION
6 MOISTURE-RESISTANT RIGID INSULATION BEVELED AT TOP
7 CEMENT PARGING OR PRESSURE-TREATED PLYWOOD
8 BACKFILL TO 150 mm BELOW TOP OF CONCRETE, SLOPE SOIL AWAY FROM GREENHOUSE FOR DRAINAGE
9 CCA OR ACA TREATED 38 x 184 SILL PLATE
10 38 x 184 BOTTOM PLATE BEVELED TO SHED WATER
11 INSTALL FLASHING AFTER WALL FRAME IS MOUNTED ON SILL PLATE

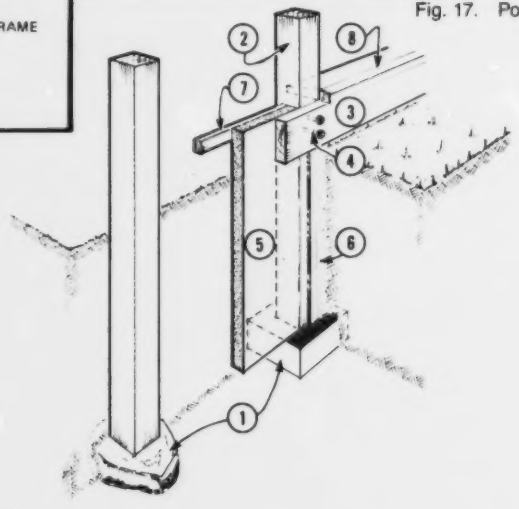
Make the frame no heavier than that which can provide the necessary structural support, so that it blocks as little solar radiation as possible. Although metal frames are strong, do not block much light, and can be purchased from greenhouse suppliers, they are expensive and often require specialized skills for installation. Therefore only wood frames are recommended here for the hobby greenhouse. Most people have the experience and the skills needed for designing and fabricating with wood. Further information on wooden-frame design can be found in *Canadian Wood Frame House Construction*.

The frame supports the glazing and all the solid portions of the roof and walls of the greenhouse. It also serves to tie the greenhouse structure to the foundation and to any attached building. The frame must be strong enough to support the weight of all expected wind and snow loads in your area.

The size of the wood members of the framing determines the load it can support. Table 1 gives the approximate spans considered to be safe for various roof-rafter members and specifies the type of glazing they can support. Assumed in this table are moderate snow loads and winds. In areas that receive a lot of snow or that are subjected to high winds, consult a local architect or construction engineer to ensure that your proposed frame can support expected loads. Fig. 18 illustrates the terminology used. Further guidelines for sizing wood-frame structural members are given in *Canadian Wood Frame House Construction*.

For vertical glazed sections on kneewalls and end walls, less framing support is required than is indicated in Table 1. Tempered or double glass can be adequately supported by 38 × 89 mm members. To accommodate extra insulation in the end walls and any unglazed sections of the roof, however, you may decide to fabricate the entire frame with 38 × 140 mm members. For vertical or steeply pitched kneewalls, support each rafter at its lower end

Fig. 17. Post foundation.



1 CONCRETE OR ROCK FOOTINGS, DEPTH OF FOOTINGS TO BELOW FROST LINE OR TO SOLID ROCK
2 89 x 89 CEDAR OR PRESSURE-TREATED (CCA OR ACA) POSTS, @ 1200 mm OC, TOP OF POSTS TO CORRESPOND TO TOP OF KNEEWALL OR TOP OF VERTICAL GLAZING
3 38 x 140 CCA OR ACA PRESSURE-TREATED SUPPORT BOARD, BOLTED TO POST
4 THROUGH BOLTS
5 MOISTURE-RESISTANT RIGID INSULATION
6 PRESSURE-TREATED PLYWOOD TO PROTECT INSULATION
19 x 38 TO SECURE INSULATION TO SUPPORT BOARD
8 38 x 140 CCA OR ACA PRESSURE-TREATED SILL PLATE BETWEEN POSTS, BEVELED TO SHED WATER TO INTERIOR AND EXTERIOR

NOTE: IF ROUND POSTS ARE USED, MIN. DIAM. SHOULD BE 150 mm

Table 1. Acceptable spans for solid-timber roof rafters*

Rafter size (mm)	Glazing	Rafter spacing (mm)	Rafter span (mm)
38 × 89	single glass	600	2.4
38 × 89	double glass or tempered single glass	600	2.4 with mid support
38 × 89	single glass	600	3.6 with mid support
38 × 140	double glass or tempered single glass	900†	2.4
38 × 140	single glass	600	3.6
38 × 140	double glass or tempered single glass	600	3.6 with mid support
38 × 89	solid roof	400	2.4
38 × 89	solid roof	600	1.8
38 × 140	solid roof	400	3.6
38 × 140	solid roof	600	3.0

*Based on lumber of No. 2 grade or better.
†Representative of the on-center spacing required for one of the standard-size patio door lites.

by a corresponding vertical or steeply pitched wooden frame member.

Use good-quality wood for the frame members. All pieces of wood should be straight, not warped, twisted, or bent. There should be few knots and no unsightly oozing sap.

For frame members that come in contact with a lot of moisture, as does for example the sill plate, use rot-resistant woods such as red cedar or redwood or use wood that has been pressure treated with a preservative containing copper napthanate. In addition, ensure that water can drain off these surfaces. Do not treat wood with creosote or pentachlorophenol. Refer back to the section "Rot Prevention" for further details.

Several structural framing options are illustrated in Figs. 18–21. The center-to-center spacing of the rafters and wall studs can be varied to suit the size of glazing used, as long as all snow, wind, and glazing loads are considered.

Fig. 18 illustrates a typical framing structure used with continuous foundations such as poured-concrete, concrete-block, and slab types. This same frame modified for attached greenhouses is shown in Fig. 19. A frame for use with post foundations is shown in Fig. 20. Fig. 21 illustrates the framing used for a freestanding Brace solar greenhouse.

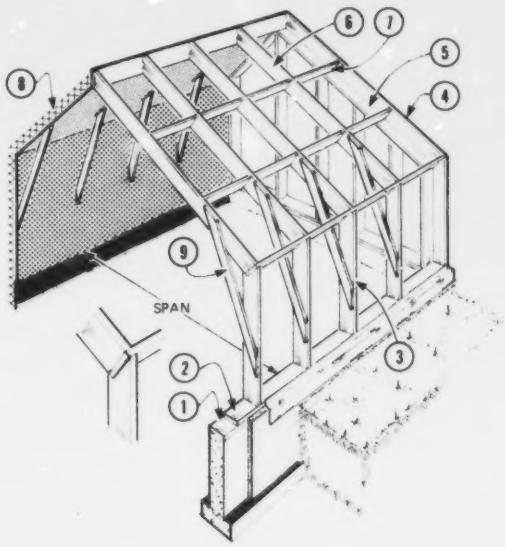
For freestanding greenhouses with floor plans larger than 2.5 × 3.5 m use ties to join the midpoints of opposing rafters. These rafter ties are needed to reduce spreading of the walls and thereby keep the roof from collapsing. They can be made of wood or galvanized cable, but galvanized cable is preferred because it obstructs less light. Generally, tie every second glazing rafter to the rafter opposite it on the adjacent sloping roof section, at midpoint.

For attached greenhouses, a 38 × 140 mm plate (Fig. 20) is fastened by lag screws into the studs of the house wall. This plate is used as a base for supporting the greenhouse rafters.

Additional framing needed to support the various types of glazing that are available is discussed and illustrated in the section "Glazings."

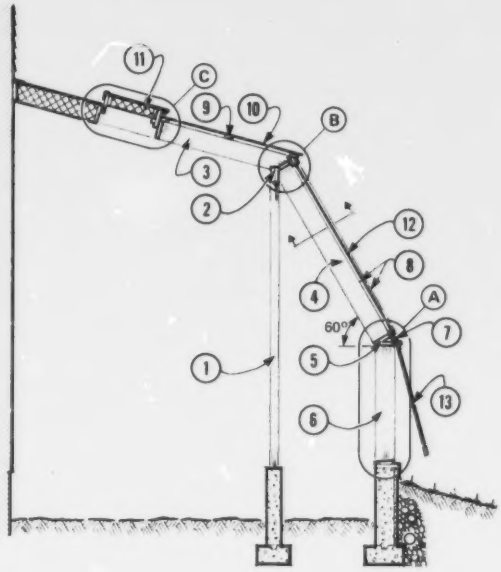
Framing and sheathing for a solid roof and wall—For solid, unglazed sections of the end walls facing east and west, unglazed sections of the roof, and in the case of freestanding greenhouses, the north wall and roof, follow standard framing construction practice. Use the same spacing between the rafters and studs as that used for the glazed areas, and make the wood members the same size. Be sure to calculate whether this rafter-and-stud configuration can support the expected loads exerted by the wind, snow, and wall materials. Acceptable rafter specifications for solid roof framing are given in Table 1.

Fig. 18. Glazing and end wall framing.



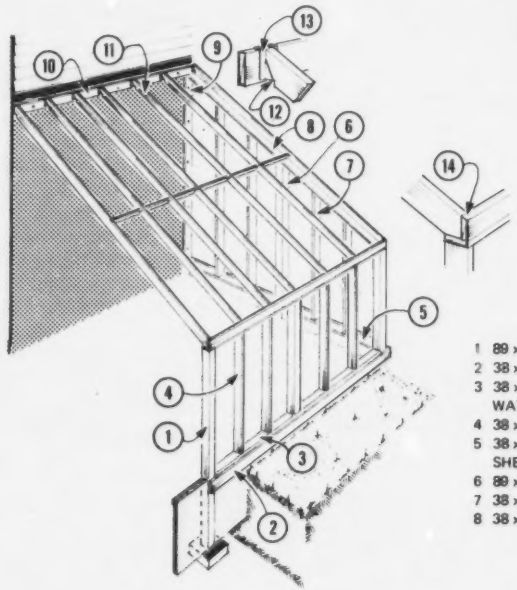
1 SILL PLATE
2 BEVELED BOTTOM SILL
3 VERTICAL KNEEWALL, 38 x 140 VERTICAL FRAMING
4 END WALL
5 END WALL TOP PLATE
6 38 x 140 RAFTERS
7 BLOCKING
8 INSULATED NORTH WALL AND ROOF
9 RAFTER BRACING

Fig. 19. Frame for attached greenhouse showing alternate kneewall eave assembly and roof eave assembly.



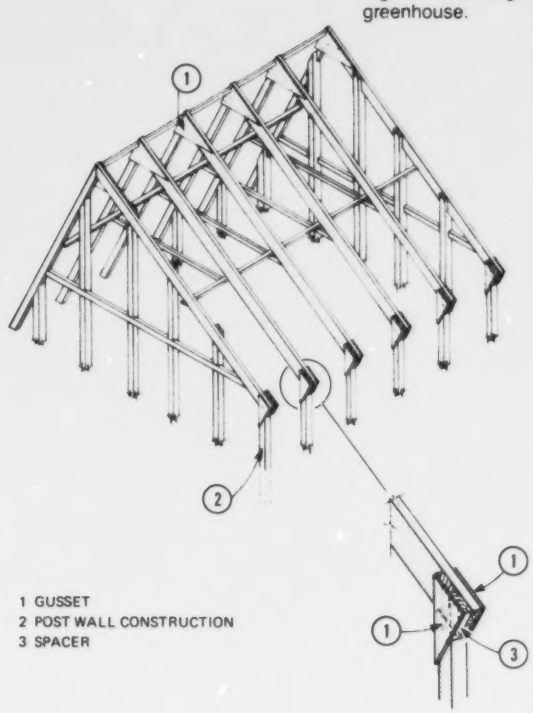
1 89 x 89 POST
2 2–38 x 140 BEAM
3 38 x 140 CEILING RAFTER
4 38 x 140 GLAZING SUPPORT BEAM
5 38 x 140 EAVE ASSEMBLY
6 38 x 140 VERTICAL SUPPORTS
7 CONTINUOUS 19 x 64
8 19 x 66 GLAZING SUPPORT AND BATTENS
9 GLAZING SUPPORT
10 FRP GLAZING
11 INSULATED UPPER VENT
12 860 x 1930 x 16 TEMPERED THERMOPANE
13 LOWER VENT, HINGED AT TOP, GLAZED WITH FRP

Fig. 20. Glazing and end wall framing with wood post foundation.



1 89 x 89 POST, 1200 mm OC
2 38 x 140 SUPPORT BOARD BOLTED TO POSTS
3 38 x 140 SILL PLATE, BEVELED TO SHED WATER TO INTERIOR AND EXTERIOR
4 38 x 89 VERTICAL SUPPORTS
5 38 x 140 END WALL SILL PLATE BEVELED TO SHED WATER TO INTERIOR
6 89 x 89 END WALL POST
7 38 x 140 END WALL VERTICAL SUPPORTS
8 38 x 140 END WALL TOP PLATE
9 38 x 140 END WALL PLATE BOLTED TO WALL OF HOUSE
10 38 x 140 RAFTER SUPPORT PLATE, BOLTED TO HOUSE
11 38 x 140 RAFTERS
12 NOTCH IN RAFTER TO ACCOMODATE JOIST HANGER
13 JOIST HANGER
14 38 x 140 EAVE ASSEMBLY, TOP BEVELLED TO MATCH RAFTER SLOPE

Fig. 21. Framing for a freestanding Brace greenhouse.



1 GUSSET
2 POST WALL CONSTRUCTION
3 SPACER

Ensure that the covering of the inside of the greenhouse is moistureproof because the interior atmosphere is so humid that during very cold weather water vapor condenses on inside surfaces. To protect the solid portions of interior walls and roof, pay particular attention to the following suggestions.

- Use only fiberglass or polystyrene insulation.
- Use a continuous polyethylene vapor barrier attached to the surface of the studs and rafters.
- Use exterior-quality cover materials on the inside, such as water-proof gypsum board, exterior siding, milk parlor sheathing, or exterior-grade plywood.
- Use galvanized nail and screw fasteners, which do not rust or cause discoloration.
- Prime all interior surfaces.
- Caulk all joints, holes, and cracks with latex or butyl caulking.
- Paint with two coats of exterior paint.

Insulate the solid portions of the roof and walls to at least RSI 3.5. Because most of the heat loss occurs through the glazing, upgrading roof and wall insulation to RSI 4.9 is cost effective only when you plan to put glazing insulation in place at night.

The exterior covering of attached greenhouses should match the covering of the main house. To keep a partially glazed south-sloping roof from leaking overlap the upper edge of the glazing with the covering material used on the solid portion. Corrugated metal roofing material with corrugations corresponding to those in the fiber-reinforced polyester glazing can be purchased and installed. The corrugated metal should overlap the polyester glazing. Use silicone sealant to seal the joint between the metal roofing and the glazing.

Glazing

No glazing material on the market today can satisfy all the requirements of a solar greenhouse. The best choice for glazing depends on your specific application and your resources. Ideally, the glazing material should admit virtually all the solar radiation incident on it while blocking the escape of thermal radiation from inside. It should be highly resistant to impact, so that it can withstand damage from hail and stones. It should also be able to support heavy snow and wind loads, to withstand exposure to extreme climatic conditions for many years, and to resist abrasion, scratching, and chemical attack by atmospheric pollutants. The material should be readily available, inexpensive to purchase and maintain, easy to handle and install, and appear attractive.

Table 2 lists the properties of most glazing materials suitable for greenhouse applications. Table 3 compares some of the advantages and disadvantages of these materials. The information contained in these charts was extracted primarily from the January 1982 issue of *New Shelter Magazine*. The costs are based on early 1982 retail prices from various manufacturers and dealers across Canada.

The final appearance of a greenhouse in an urban area is important. A transparent glazing is also probably preferable to a translucent one, especially in an attached greenhouse.

The glazing material that most meets these requirements is glass. One of the most popular choices is the double-glazed, tempered glass units sold as replacements for patio doors. Produced in a few standard sizes, these units are often substantially cheaper than regular thermopane window panels. However, glass has two major disadvantages: its cost and its fragility. Where vandalism is a problem, glass may not be the best choice. A good polycarbonate plastic is more resistant to breakage, less expensive, and easier to work with than glass. On the other hand, plastics are not as durable as glass. Ultraviolet rays from the sun cause plastic to turn yellow and become brittle. With time, dust and dirt can abrade the surface and variations in the ambient temperature can cause the surface to crack.

Greenhouse glazing should have a high solar transmittance, to allow as much sunlight as possible to enter the structure. The material should also have a low infrared transmittance, to be able to effectively block the escape of thermal radiation to the exterior.

Table 2. Properties of material suitable for greenhouse glazing*

Glazing	Installation	Lifespan (years)	Cost† ($ m²)	Solar transmittance (%)	
				Single	Double
Glass, untempered					
•rigid flat sheets •numerous sizes available •thickness, 2–6 mm •transparent •IR transmittance, ≤2% •impact resistance, very low	•mount bottom edges on compressible neoprene setting blocks •seal edges with butyl tape or silicone sealant •mount on vertical or near vertical	≥50	7–40	85–90	72–81
Glass, tempered					
•same as for untempered glass	•same as for untempered glass •can be mounted at lower edges	≥50	14–60	85–90	72–81
acrylic, single-wall					
•rigid flat sheets •various sizes available •thickness, 3–6 mm •IR transmittance, ≤6% •transparent •max. service temp., 70–90°C	•use mechanical compression fastenings around all four edges •allow for expansion and contraction when mounting •do not use through bolting or nailing •use only silicone as a sealant	25	16–29	89	79
Acrylic, double-wall extruded					
•rigid sheets •width, 1200 mm •lengths, to 4800 mm •thickness, 16 mm •transparent to translucent •no viewing possible •IR transmittance, ≤6% •max. service temp., 70–90°C •impact resistance, medium	•same as for single-wall acrylic, but seal open ends of extrusion channels •use aluminum tape or special sealing strips from manufacturer	25+	20–38	—	83

*Abbreviations: IR, infrared; UV, ultraviolet.

† 1982 price.

(*continued*)

Table 2. Properties of material suitable for greenhouse glazing (*continued*)

Glazing	Installation	Lifespan (years)	Cost ($/m²)	Solar transmittance (%)	
				Single	Double
Polycarbonate, double-wall extruded (thick sheets)					
•rigid sheets •width, 1200 mm •length, variable •thickness, 16 and 25 mm •translucent •IR transmittance, ≤6% •max. service temp., 90–131°C •impact resistance, high	•same as for double-wall extruded acrylic sheets	10–15	37–75	—	74–77
Polycarbonate, double-wall extruded (thin sheets)					
•rigid sheets •width, 1200–1700 mm •length, 2400–12 000 mm •thickness, 4–7 mm •translucent •IR transmittance, ≤6% •max. service temp., 90–130°C •impact resistance, high	•same as for double-wall extruded acrylic sheets	10–15	13–24	—	74–77
Polycarbonate					
•rigid flat sheets •various sizes available •thickness, 3–6 mm •transparent •IR transmittance, ≤6% •max. service temp., 90–130°C •impact resistance, high	•same as for single-wall acrylic sheets	10–15	20–60	86	74

(*continued*)

Table 2. Properties of material suitable for greenhouse glazing (*concluded*)

Glazing	Installation	Lifespan (years)	Cost ($/m²)	Solar transmittance (%)	
				Single	Double
Cellulose acetate butyrate					
•rigid flat sheets •width, 915–1830 mm •length, 1800–3000 mm •thickness, 1.5–6 mm •transparent •max. service temp., 80°C •impact resistance, medium	•same as for single-wall acrylic sheets	10	7–19	90	81
Fiber glass reinforced polyester (FRP)					
•flexible, flat or corrugated sheets •width, 600–1500 mm •length, 2400–15 000 mm •thickness, 0.6–1.5 mm •translucent •IR transmittance, 2–12% •max. service temp., 90°C •impact resistance, medium	•ensure that fiber glass overlaps support frames by at least 20 mm •predrill holes for fasteners •oversize fastener holes by 3 mm to allow for expansion and contraction •special mounting hardware is available •maximum unsupported span for flat sheet is 750–900 mm and for corrugated sheet, 750–1200 mm	8–12	8.40–17	72–87	52–76
Polyethylene					
•rigid flat sheets •thin film •width, 900–12 800 mm •length, to 46 000 mm •thickness, 100–150 mm •translucent to transparent •IR transmittance, 90% •max. service temp., 60°C •impact resistance, very low •lifespan, 8 mo •UV resistance, 1–3 yr	•same as for single-wall •fasten with battens •wrap around mounting frame before fastening by stapling or nailing •mounting hardware available •maximum unsupported span is 1200 mm	0.66	0.30–0.55	90	81

Table 3. Suitability of greenhouse glazing materials*

Advantages	Disadvantages
Glass	
•excellent transparency and appearance	•low impact resistance
•excellent resistance to UV, weather, and high heat	•breakage creates safety hazard
•low thermal expansion and contraction	•heavy, requires strong supports
•readily available	•hard to handle on site
•noncombustible, chemically inert	•needs careful installation and mounting
•low IR transmittance	•homeowner cannot cut tempered glass to size
Acrylic	
•good transparency and appearance	•high thermal expansion and contraction
•good UV and weather resistance	•susceptible to abrasion
•lightweight	•softens under moderate heat
•fairly easy to cut to size	•high cost
•low IR transmittance	
•moderate impact resistance	
Polycarbonate	
•high impact resistance	•questionable resistance to UV and abrasion
•good transparency and appearance	•high thermal expansion and contraction
•lightweight	
•low IR transmittance	
Cellulose acetate butyrate	
•high impact resistance	•high thermal expansion and contraction
•good transparency and appearance	•questionable resistance to UV and weathering
•lightweight	•softens under moderate heat
•moderate impact resistance	
Fiber glass reinforced polyester (FRP)	
•very lightweight	•questionable resistance to UV, surface erosions, and heat
•moderate impact resistance	•requires occasional surface recoating
•easy installation and mounting	•high thermal expansion and contraction
•readily available	•hard to eliminate waviness from sheets
Polyethylene	
•very inexpensive	•very short service life
•easy to install	•poor weather and UV resistance
•many sizes available	•melts under moderate heat
•very light weight	•susceptible to wind damage
•permeable to CO_2	•possible fire hazard
•very easy to cut to size	•poor visual appearance
	•easily torn or punctured
	•very high IR transmittance

*Abbreviations: UV, ultraviolet; IR, infrared.

The glazing material chosen also determines the type of support system required. Heavy glazings, such as glass, require a heavier support system than lighter glazing materials such as thin-walled polycarbonate or polyethylene film. Heavy support systems serve to block out more sunlight. A good greenhouse design takes into consideration the relationship between glazing material and its support structure, to maximize the entry of solar and sky radiation into the structure.

The inner glazing of your greenhouse need not consist of the same material as the outer glazing. A less expensive, seasonally removable glazing may be more convenient on the interior. Visit a few solar greenhouses in your area to compare the appearance of the various types of glazings that are available and to assess how well they work. A few details necessary for the proper installation of some of the various glazing systems that are available are given below.

Recycled windows—Using recycled windows is one way of keeping the costs low. Use them only on vertical walls because windows are not designed to shed water and snow when mounted on a slope. Recycled windows should be reconditioned before installation. Scrape off old paint, reapply putty, prime, and carefully repaint. Install them as illustrated in Fig. 22-1. Position the window stops so that the exterior surface of the window is flush with the outside surface of the frame. Screw the windows in place so that they can be removed to make any necessary repairs. Polyethylene used as an inner glazing can be installed as in Fig. 22-1, using wood battens.

When recycled windows are used for the inner glazing as well as the outer glazing (Fig. 22-2), vent the air space between the windows to reduce condensation between glazings. Drill a hole with a diameter of 12 mm at the bottom edge of the outer window and another at the top, venting to the outside. When the window is larger than 1000 × 1000 mm, drill two holes at the bottom and two at the top. Insert a loose plug of fiberglass insulation in each hole to act as an air filter, and screen all the holes to keep insects out. Caulk all around the edges of the inner window on its exterior side before installing the outer window. Completely seal all the inner edges of the inner window, specifically all the joints between the glass and sash and the sash and frame, to prevent moist air from the greenhouse from entering the space between the windows.

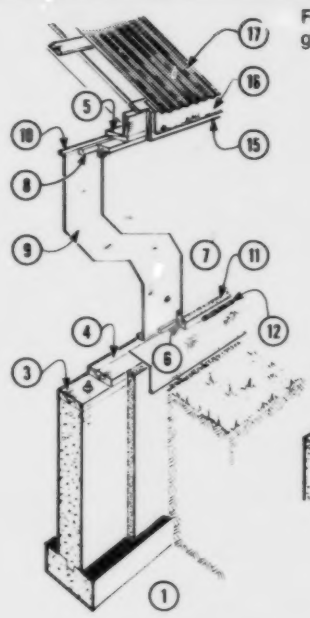


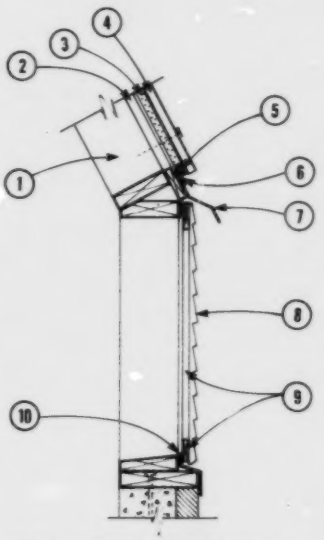
Fig. 22. Recycled windows as vertical wall glazing.

1 RECYCLED WINDOW WITH POLYETHYLENE INNER GLAZING
2 RECYCLED WINDOW WITH RECYCLED WINDOW AS INNER GLAZING
3 CCA OR ACA TREATED SILL
4 BEVELED BOTTOM PLATE
5 BEVELED TOP PLATE
6 BEVELED BOTTOM OF SASH TO MATCH BOTTOM PLATE BEVEL
7 RECYCLED WINDOW
8 WINDOW STOP
9 POLYETHYLENE INNER GLAZING
10 BATTEN
11 NEW PUTTY ALL AROUND
12 BUTYL CAULKING
13 CAULK BETWEEN WINDOWS BEFORE INSTALLING OUTER WINDOW
14 DRILL 12 mm HOLES ALONG BOTTOM OF WINDOW TO VENT AIR SPACE, DRILL HOLES EVERY 1000 mm, MAKE CORRESPONDING HOLES AT TOP OF WINDOW
15 TRIM
16 FLASHING
17 FRP OR OTHER GLAZING MATERIAL ON SLOPED ROOF SECTION

Tempered sealed glass—Tempered sealed glass, or thermopane, can be ordered in any size convenient for your greenhouse frame. However, custom orders can cost a lot of money. For standard-sized patio door lites, purchased at the best price, the cost can be as low as $30–35 a square metre. Patio door lite standard sizes are 860 × 1930 mm and 1170 × 1930 mm. They typically come with a 5-year guarantee against breakage of the seal. Verify that the guarantee is valid for greenhouse use and for units installed on a slope.

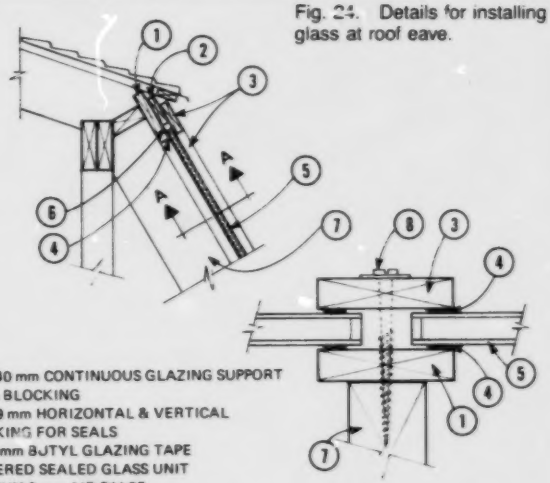
Figs. 23 and 24 show the principal elements of installation of the smaller-sized patio door on a 38 × 140 mm framing of an attached greenhouse. This installation is for unframed glass panels. When installing the glass, leave a space of at least 3 mm all around the outer perimeter, between the glass and any wood or other glass panels, to allow for thermal expansion of materials. Ensure that the surface of the greenhouse frame supporting the glass is not warped and that all framing members are in the same plane. Otherwise, when the battens used to hold the glass panels in place are tightened, the glass or the seal may break.

Fig. 23. Installation of tempered sealed glass and kneewall vent.



1 38 x 140 mm GLAZING SUPPORT BEAM
2 19 x 64 mm GLAZING SUPPORT, CONTINUOUS TOP AND BOTTOM, ALONG SUPPORT BEAMS (1)
3 860 x 1930 x 16 mm TEMPERED SEALED GLASS UNIT
4 19 x 64 mm BATTEN
5 NEOPRENE SETTING BLOCK, 3 mm THICK
6 19 x 38 x 3 mm ALUMINUM ANGLE, 150 mm LONG
7 FLASHING
8 CORRUGATED FRP
9 VENT FRAME
10 WEATHERSTRIPPING

Fig. 24. Details for installing tempered sealed glass at roof eave.



1 19 x 140 mm CONTINUOUS GLAZING SUPPORT
2 19 mm BLOCKING
3 19 x 89 mm HORIZONTAL & VERTICAL BLOCKING FOR SEALS
4 3 x 10 mm BUTYL GLAZING TAPE
5 TEMPERED SEALED GLASS UNIT
6 MINIMUM 3 mm AIR SPACE
7 38 x 140 mm GLAZING SUPPORT BEAM
8 STAINLESS STEEL ROOF SCREWS 400 mm oc

SECTION A – A

Install 19-mm-thick support pieces for the glazing and apply 3 × 10 mm butyl glazing tape to those surfaces on which the glass is to rest. Set the glass in place. Support it in position with neoprene setting blocks placed along the bottom edge and with aluminum angle screwed into the wood. Place a layer of butyl glazing tape around the perimeter of the glass panel, on the exterior surface, before installing the battens. This glazing tape is used to make a seal at the wood-and-glass interfaces and also to smooth out minor imperfections in the wood surface so that the glass can be compressed against a uniformly flat surface. Continue tightening the battens only until the butyl begins to squeeze out between the batten and the glass. The neoprene support blocks along the lowest edge of the glass are used to maintain an expansion space and to cushion the glass. Do not use a batten along the bottom edge of the glass because it tends to absorb and hold rain and snow.

Polyethylene—Polyethylene film is the least expensive glazing material available and the easiest to install. It is also the least durable. Regular polyethylene may last only 6 months as an exterior glazing. As an interior glazing layer, it can last for 2 years or more. Polyethylene treated against ultraviolet degradation may last 3 years as an external glazing and longer as an interior layer. Therefore when using polyethylene as a glazing material, choose ultraviolet-resistant polyethylene with a thickness of 150 μm as the outer glazing layer and regular polyethylene with a thickness of 100 μm as the inner layer.

When installing polyethylene temporarily, until a more durable alternative can be purchased, build the greenhouse frame to accommodate the permanent glazing. Polyethylene film can be made to accommodate almost any frame spacing that other types of glazing dictate.

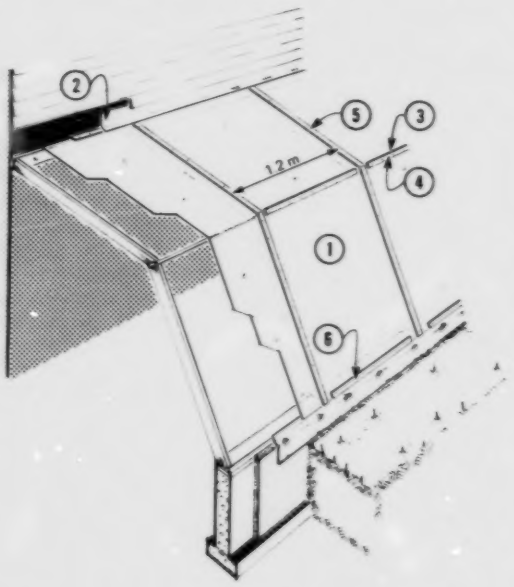
Install the polyethylene as shown in Figs. 25 and 26. Use continuous battens at a maximum of 1.2 m apart, with nails spaced every 200 mm, to hold the polyethylene to all framing supports. Otherwise the film might flap and tear against the frame members. Stretch the polyethylene tight during installation. The more securely the outer layer of this material is battened down, the longer it will last.

Corrugated fiber-reinforced polyester—Fiber-reinforced polyester (FRP), also called fiberglass, is a very strong glazing that is difficult to break. FRP is available in standard corrugations or in a step pattern resembling the surface of clapboard siding. FRP comes in a variety of qualities and generally in two thicknesses. The lowest-quality material is not suitable for greenhouses. Only FRP with an ultraviolet inhibitor in the resin is durable enough to last several years. The best buy is the FRP that comes with a thin coating on one side that protects the plastic against weather-induced abrasions. Install this glazing with the coated side facing the exterior. The thinner sheets of FRP are best suited to interior glazing and the thicker ones are typically used on the exterior. The corrugated sheets are available in widths of 660 and 1270 mm.

To install corrugated FRP, obtain the necessary instructions from the supplier. A few helpful hints and important points to remember are outlined below and are illustrated in Fig. 27.

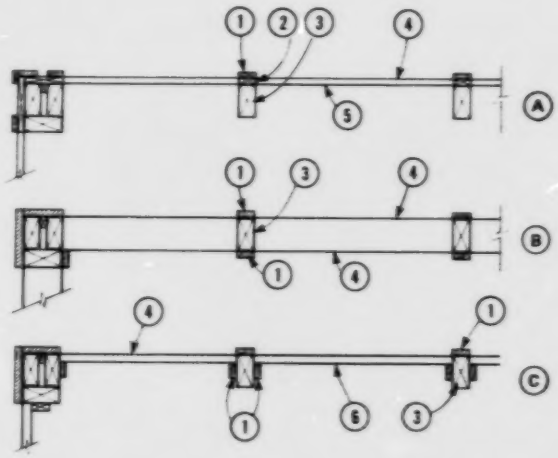
Store the sheets of FRP awaiting installation in the shade in a dry place. Humidity and high temperatures in stacked sheets of FRP cause the surfaces to become milky. Cut FRP with tin snips or a

Fig. 25. Installation of polyethylene glazing.



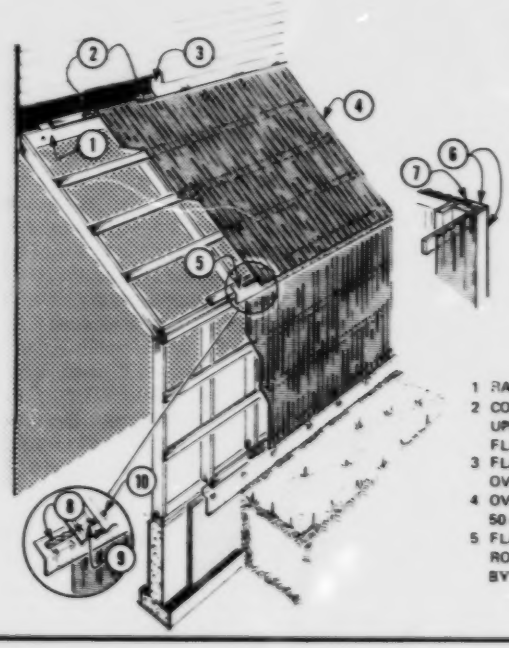
1 CONTINUOUS POLYETHYLENE SHEET
2 FLASHING OVERLAPS TOP BATTEN
3 NO BATTEN AT LOWER EDGE OF ROOF
4 TAPERED BATTEN AT TOP OF KNEEWALL
5 BATTEN
6 BATTENS PLACED TO ALLOW WATER TO DRAIN OFF

Fig. 26. Alternate double glazing details for polyethylene.



1 BATTENS
2 SPACER
3 FRAMING MEMBER
4 CONTINUOUS SHEET HELD BY BATTENS (1)
5 CONTINUOUS SHEET HELD BY SPACERS (2)
6 INNER SHEET TO FIT BETWEEN (3), HELD BY BATTENS (1)

Fig. 27. Corrugated fiberglass glazing.



1 RAFTER PLATE FASTENED TO WALL OF HOUSE
2 CORRUGATED GLAZING SUPPORT STRIPS, UPPER STRIP IS INVERTED TO ACT AS FLASHING SUPPORT
3 FLASHING INSERTED UNDER SIDING AND OVERLAPPING FRP GLAZING
4 OVERLAP SIDE OF GREENHOUSE AT LEAST 50 mm TO ELIMINATE NEED FOR FLASHING
5 FLASHING DETAIL CAN BE ELIMINATED IF ROOF FRP OVERLAPS VERTICAL WALL BY 100 mm
6 RABBETED CORNER STRIPS TO RECEIVE EDGE OF GLAZING
7 CAULK
8 CORRUGATED GLAZING SUPPORT STRIP
9 SILICONE CAULK UNDER FRP AT JUNCTION WITH CORRUGATED SUPPORT STRIP
10 GASKETED NAILS AT PEAKS ONLY ALONG SLOPING GLAZING

carbide-tipped circular saw blade. Predrill all nail or screw holes through the plastic, to prevent the FRP from cracking. Use neoprene washers with fastening nails or screws to prevent leaks. Caulk all joints between sheets of FRP and between the wood frame and FRP with silicone sealant. Silicone is preferable because it does not react adversely with the resin in the plastic and it can absorb movements of the contacting surfaces caused by thermal expansion and contraction.

Use corrugated sealing strips of solid rubber or wood under the ends of the sheets and seal off any remaining air leaks with silicone sealant. Do not use end strips of foam rubber because these degrade within a few years. Fasten wood purlins to the rafters to support the sealing strips and the FRP sheets. The size of purlin selected and the spacing used between them depend on the rafter spacing and the strength of the FRP sheet. Obtain purlin specifications from the supplier of the FRP sheets. Begin installing the FRP at the bottom leeward corner of any sloped area. Then you can overlap subsequent sheets in such a way that wind-blown rain cannot be forced underneath the joints.

Cooling and ventilation systems

Cooling and venting are closely related. The techniques used for one are often used for the other. Cooling deals with keeping interior temperatures in the greenhouse from becoming so high that crop production falls off or that the plants suffer heat-related damage. Ventilation, besides assisting in cooling the greenhouse interior, circulates fresh air around the plants, which provides them with the carbon dioxide necessary for photosynthesis and the oxygen needed for respiration. Ventilation can also reduce the relative humidity in the greenhouse when levels are too high. High humidity stresses many of the commonly grown plants and is conducive to the spread of diseases. Cooling becomes necessary whenever heat builds up to dangerously high levels. It is needed intermittently during all seasons but more often during late spring, summer, and early fall. Adequate ventilation, on the other hand, is a daily requirement for healthy plant production year round.

Thermal storage—Installing a thermal-storage unit reduces the need for cooling and venting inside the greenhouse. A thermal-storage unit absorbs some of the excess heat generated inside the greenhouse during the day and releases this heat at night when the ambient temperature is lower.

Shading—Shading is even more effective than thermal storage in reducing cooling and venting needs. Shading is achieved by using some device inside or outside the greenhouse, or even the greenhouse structure itself, to block out some of the sunlight before it can pass through the glazing.

Roll-down shades of slatted wood, bamboo, aluminum, or woven polyester can be installed outside, along the top edge of the glazing. These shades are unrolled to cover as much of the glazing as necessary during sunny days to maintain the desired interior temperature. Commercially available, slatted shades block between 50 and 75% of the incoming sunlight. The remaining light that penetrates is generally adequate for plant growth. Plastic shades tend to deteriorate after a few summers of exposure to ultraviolet radiation. Wood and metal shades last for many years when well maintained. These shading systems must be firmly attached along the top. To keep the shades from flapping in the wind, weight the bottom edge or install clamps along the sides and bottom to hold the edges down with battens.

Woven plastic shades cost about $10 a square metre; slatted wood shades are about double this cost; and slatted aluminum shades are approximately $35 a square metre. These prices include all hardware for attaching and operating the systems. They can be obtained from commercial greenhouse suppliers.

Another shading technique is to paint the exterior glazing with a shading compound. This compound usually comes as a paste in 4-L containers for $12–15 and is obtainable from greenhouse suppliers. The paste is then thinned with water to provide the desired amount of shading. A 4-L container covers up to 400 m^2 of glass. The coating gradually washes off in the rain, so that by late summer the glazing is nearly clear again. Use soap and water to remove any remaining traces. Avoid using any of the commercially available shading paints that may be toxic to lawns and gardens when they wash off. Furthermore, some compounds are not recommended for certain plastic glazings, particularly the film plastics and the fiber-reinforced polyesters.

Suspending cloth above the plants is another way to provide shade. You can cover the entire growing area or only certain specified areas. Commercially available shade cloth from greenhouse suppliers can reduce light intensities by up to 95%. It can be mounted on overhead wire cables and sliding hooks or draped over simple wooden frames temporarily built over growing beds. This material costs $1–5 a square metre; the more costly materials provide more shade.

Low-sloping north roof sections or opaque sections on the south roof serve to cast shade toward the rear of the solar greenhouse during late spring and summer. Although overheating inside the greenhouse is thereby reduced, the plants in the north part of the greenhouse may suffer from lack of light. In greenhouses in which a lot of shade is cast on the beds along the north wall, locate crops there that do not need much light or leave the north beds unplanted until the sun is lower in the sky.

Natural ventilation—Solar greenhouses are designed to be airtight to help conserve heating energy in the winter. Controlled and adequate ventilation systems are therefore important to the successful operation of a solar greenhouse. During the summer when the demand for ventilation is highest, natural ventilation, as opposed to ventilating with electric fans, is best for routine venting needs. Besides saving energy, natural ventilation can save your crop if the electricity is temporarily cut off on a sunny day.

Natural ventilation makes use of wind. In areas where the wind always blows during the warm, sunny hours of the day, several windows or vents along both ends of the greenhouse are probably all that is necessary to keep the greenhouse air moving and mixing and to keep interior temperatures from becoming too high. In most places, however, the wind is irregular and unreliable, and air movement has to be induced by creating a chimney effect. To create this effect, install vents along the peak of the greenhouse roof and near ground level on the east and west ends. When the greenhouse is more than twice as long as it is wide, install some lower vents in the south wall as well. Then, even on hot, windless days, the warmer, more buoyant air rises and exits through the high openings near the roof, causing the cooler air at ground level to be sucked into the greenhouse through the low vents. Air movement may be slow, but the ventilation provided can be enough to maintain ac-

ceptable interior temperatures. Ensure that the total vent-opening area is at least one-sixth of the greenhouse floor area and that the total upper-vent area is 20–30% greater than the total lower-vent area.

All vents can be provided with either a manual or an automatic closing system. Manual systems can consist simply of a pole and slotted board (Fig. 28A) or they can involve a somewhat more sophisticated rack-and-pinion or gear-and-chain drive. Automatic systems range from the simplest and least expensive heat-motor type (Fig. 28B) through to thermostatically controlled types run by an electric motor, driven gears, or a chain drive (Fig. 28 C and D). The heat-motor type is activated by an increase or decrease in the temperataure of its surroundings. Basically it consists of a cylinder closed by a piston at one end and containing a liquid that expands and contracts. As the temperature of the air around the cylinder increases, the liquid inside expands and forces the piston out, thus opening the vent. When the cylinder cools down, the liquid contracts and the piston returns to its original position, thus closing the vent. Some of the cheaper heat motors are not very reliable. They can only lift limited weights of up to 4 kg. Vents weighing less than 4 kg are not heavy enough to seal tightly when they are shut down and unwanted heat losses may occur during the winter. In addition, some of the cheaper heat motors fail to open to their full range after several months of operation. Check out the various brochures on this product before you make a choice. Heat motors range in price from $25 to over $100.

For moving heavy weights, for example a row of heavy ridge vents, a thermostatically controlled electric motor can be used. The size of the motor depends on the weight of the vents. This type of vent operator is relatively expensive and depends on a reliable source of electricity. Ensure that the system you buy comes with a manual override in case of electrical failure. An automatic vent opener, complete with manual override and controls, capable of opening up to 5 m² of insulated or double-glazed vents, costs $400–500.

Forced ventilation—Forced-ventilation systems make use of fans to move the air. They can be less expensive to install than a series of vents along the roof and in the walls. One relatively small fan can replace several of these other vent openings. Furthermore, the fewer the openings, the less possibility there is of air leakage. However, the energy required to keep the fans running can be costly. Another disadvantage with fans is the noise they make, no matter how well they are mounted. The larger the fan, the more noise it makes. Assess the reliability of the electricity supply in your area when making a decision on the type of ventilation system best for you.

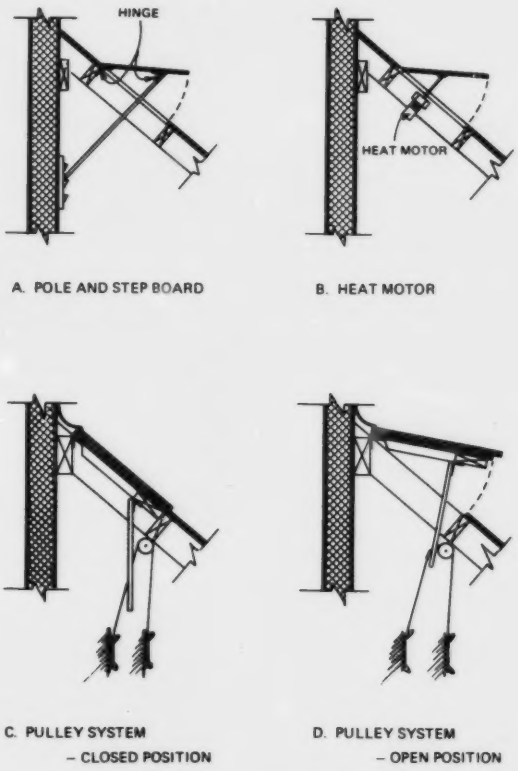


Fig. 28. Vent opening and closing techniques.

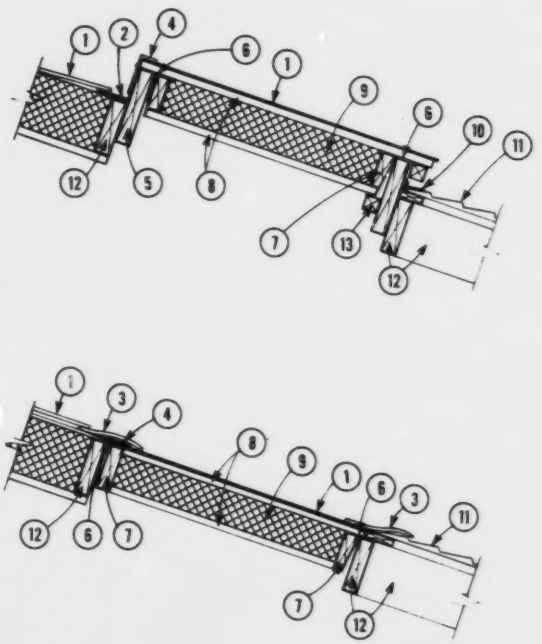
Fan sizing—Manufacturers of conventional greenhouses recommend that in the summer the ventilation system should be capable of providing one complete change of air every 2 or 3 minutes. The solar greenhouse, however, is not glazed on all sides like the conventional greenhouse and contains in addition a large heat-storage unit that provides considerable thermal inertia. Combined with some of the shading techniques outlined earlier, the solar greenhouse requires a lot less interior cooling than the conventional greenhouse. The appropriately designed solar greenhouse in your area may not even require any forced air ventilation at all, but if it does, the capacity of the fan need only be a quarter to a half that required for a conventional greenhouse. Consider a family-sized greenhouse with a floor area of 30 m. For an average height of 3 m, the total interior volume is approximately 90 m³. A conventional greenhouse of 90 m³ requires a ventilation rate of 500–700 L/s. But a solar greenhouse with appropriate shading might only require a fan capable of moving 140–380 L of air per second. The simplest arrangement for a forced-air ventilation system is an exhaust fan situated near the peak of one end of the greenhouse and a vent opening placed low on the wall at the opposite end. Equip the exhaust fan with shutters that are forced open by the moving air when the fan is on and that close by gravity when the fan is off. The vent opening can also be provided with louvers that open inward under the suction of the exhaust fan. Small, good-quality exhaust fans that use limited quantities of electricity can be inexpensively purchased. A fan

providing air-flow rates of up to 100 L/s costs up to $100. A complete ventilation system for a family-sized greenhouse, including exhaust fan, motorized air intake louver, and thermostat control, costs about $240.

Glazing vents—Glazing vents are sections of the glazing material that can be opened to allow for air movement between the greenhouse and its surroundings. The vent consists of a frame to which the glazing is firmly attached, a hinge about which the frame pivots, and mechanisms with which to raise, lower, and hold the vent in position. Weatherstripping must be installed around the entire perimeter of the vent opening, so that all air flow is cut off once the vent is closed. Use hooks, eyes, or solid latches to hold the vent closed tightly enough that the weatherstripping is compressed between the perimeter surfaces of the vent and the greenhouse frame. All glazing vents should be double glazed and should swing open to the outside so that they do not interfere with plants growing inside. Generally vents are hinged along their uppermost surface and are appropriately flashed so that no water can enter. Vents in corrugated glazing material, however, require a bit more care. Corrugated glazing material normally comprises only the outer layer of a double-glazed surface, with flat, rigid glazing or film glazing on the inside. Use normal weatherstripping for the frame except at the corrugated ends of the glazing, where special corrugated weatherstripping has to be used between mating corrugated sections to properly seal the interface between the glazing and the frame at the corrugation.

Vents in solid portions of the wall and roof—Vents in the solid portions of the wall and roof are best made to fit between the studs or rafters of the existing frame. For details of various types of roof vents, see Fig. 29. Be sure that the frame of the vent fits snugly into the greenhouse framework when the vent is closed and that molding and weatherstripping are appropriately placed.

Ventilation in an attached greenhouse—Use the door and windows of the original structure to provide winter ventilation to the attached solar greenhouse. A small fan capable of handling 100 L of air per second can be installed high in the common wall to assist air circulation.



1 ROOFING
2 FLASHING
3 FLEXIBLE FLASHING
4 BENT STRAP HINGE
5 38 x 184 mm CURB
6 WEATHERSTRIPPING
7 38 x 89 mm VENT FRAME, TAPERED AT OPENING EDGE
8 PLYWOOD SHEATHING
9 INSULATION
10 FLASHING TO LAP OVER FRP (11)
11 FRP GLAZING
12 38 x 140 mm RAFTER, WITH FRAME BETWEEN RAFTERS FOR VENT OPENING
13 38 x 38 mm STOP WITH WEATHERSTRIPPING(6)

Fig. 29. Two types of solid roof vent.

Thermal storage systems

Storage of excess solar heat is one of the principal features that differentiates solar greenhouses from conventional ones. Excess heat generated in a solar greenhouse during sunny days is absorbed by a thermal-storage unit. The extraction process keeps the greenhouse cooler during the day. The stored heat can then be released when the greenhouse temperature drops at night or during cloudy periods. The heat is absorbed into the storage unit either passively or actively. A passive system requires no mechanical device of any kind, whereas an active system requires a fan or blower to circulate warmed air throughout the mass. Systems for the passive storage of solar heat are generally the most efficient, least expensive, and easiest to install and maintain. On the other hand, a passive system must usually be located in direct sunlight where it occupies valuable growing space. Active storage systems can be located well away from the growing space. However, installation of active-storage systems can be expensive and somewhat more complex than that of passive ones. At the very least they require an additional insulated volume and depend upon mechanical equipment for proper functioning. A few passive and active heat-storage systems using water, rock, concrete, and Glauber's salt are discussed below. Water, rock, and concrete store sensible heat. In other words they store heat as an increase in temperature of their mass. Glauber's salt stores heat by changing from the solid to the liquid phase at a precise temperature.

Table 4. Heat capacity of materials used for heat storage

Material	Density (kg/m^3)	Heat capacity* ($KJ/m^3.°C$)
Water	1000	4.19×10
Rock	2200	1.60×10
Clay brick	2000	1.65×10
Concrete	2200	1.60×10
Soil (medium moisture)	1600	1.80×10
Mud (saturated soil)	1900	3.00×10
Glauber's salt solution	1460	374×10

*At specified temperatures.

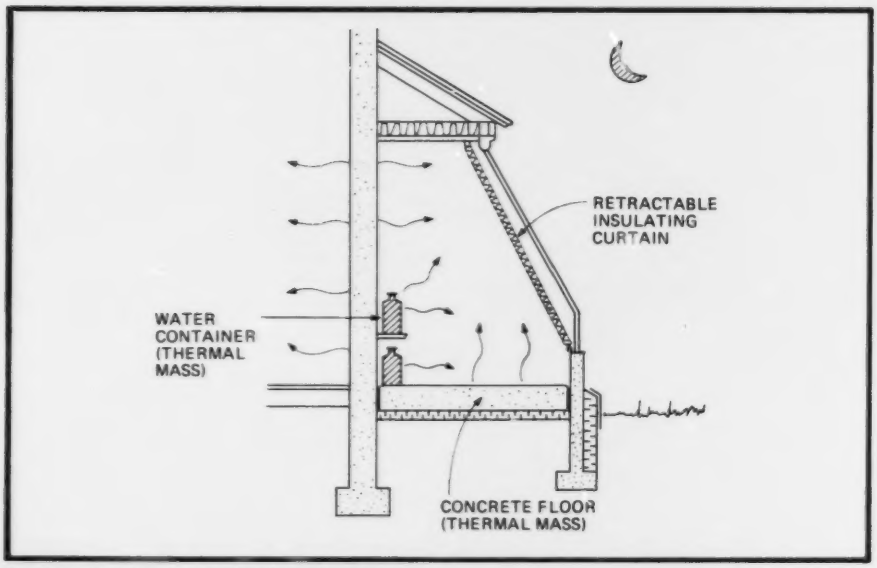


Fig. 30. An effective passive heat-storage system. The natural movement of air in the greenhouse serves to distribute the heat to and from the thermal masses.

Passive heat storage

Storage mass—Table 4 gives typical heat capacities for the storage materials listed above as well as for some other common materials.

For the most effective passive-heat storage, locate as much of the storage mass as possible in direct sunlight. A thermal mass exposed directly to the sun stores about three times more solar heat than an equivalent mass situated in shade. A heat-storage mass located just behind a south-facing, glazed kneewall or stacked up along the north wall (Fig. 30) effectively stores three times more heat than a similar mass located under the plant beds in the shade. The larger the thermal mass in the greenhouse, the more stable the daily temperature. Therefore out-of-the-way heat storage is often necessary to augment storage that is directly exposed to the sun. Install the shaded storage so that air can move freely above and below the unit along its sides. Natural convection and other air movement within the greenhouse then serve to carry heat to and from the storage unit.

Water is the most compact of the low-cost, sensible-heat-storage materials. For a given volume of heat-storage space it has approximately three times the heat storage capacity of rock or masonry and up to twice that of mud.

Although water is virtually free, the cost of the containers must be considered. Recycled containers such as 5-L plastic milk and juice jugs, 25-L honey or oil tins, and 200-L steel drums are commonly used in solar greenhouses. These containers can often be obtained free or at very little cost. The 200-L drums, cleaned out and ready to use, are easily obtained from used-drum dealers at $6–20 each. Good-quality drums are also available from oil merchants, some larger car dealers and repair shops, and chemical factories. Drums that have not already been cleaned inside

and out before they are bought must be washed thoroughly before use in the greenhouse. Otherwise they may still contain dangerous chemical residues on the inside and potentially hazardous stains on the outside. Clean them well with a solvent such as kerosene or turpentine and rinse with water. Prime the exterior with antirust paint. Add rust inhibitor to the water used to fill the drums. Also add a small amount of motor oil. Oil floating on the surface of the water reduces evaporation from the drums and keeps the level of oxygen in the water low. Low oxygen levels in the water decrease the potential for rust formation.

Do not place water drums directly on the floor. Instead mount them on bricks or treated lumber. This arrangement reduces erosion of the bottoms of the metal drums, caused by condensing moisture. It also allows air to circulate under the heat storage units, thus increasing the rate at which heat can be transferred to and from storage.

Other water containers especially made for storing excess solar heat include fiberglass tubes and tanks in standard diameters of 300 and 450 mm and heights of 1200, 1500, 2400, and 3000 mm. These nonpressurized containers are usually equipped with plumbing fittings for interconnections. Dyes can be used in the water for decoration or improved absorption of solar radiation. Galvanized steel tanks, tanks that nest when they are stacked, and tanks that fit between studs in standard wall framing are also available.

Be sure to support large containers of water from below. Set tall cylinders, or several containers that are being stacked on top of one another, on a horizontal surface. Secure the water containers in place before filling them with water. Containers with capacities greater than 50 L are difficult to move when filled. When filling a container, leave about 25 mm at the top to accommodate volumetric expansion of the water as it cycles through the temperature extremes.

Water containers sometimes leak. Metal containers are more prone to leaking than are the specially manufactured plastic tubes and tanks. Nevertheless, make sure that the floor under all water containers is well drained so that damage to the greenhouse is minimal in case of leakage.

Another problem with water is that it can easily freeze during normal Canadian winters and damage the containers. With a large heat-storage unit in a well-insulated greenhouse, particularly one equipped with a backup heating system, freezing is not likely to occur.

When the greenhouse is not designed for use over the coldest winter months, however, use a drain-down system to remove the water from the storage containers over the winter. The most convenient method for draining the water from the tanks is to siphon it off. Another option is to attach a water-tight spigot at the lowest point on each container from which the water can be drained.

With a large heat-storage mass housed in large containers, interior temperatures of well below freezing must be sustained for several days before the water begins to freeze solid. This situation is not likely to occur in a maintained greenhouse. However, this example does demonstrate the leeway you have before freezing damage to the storage containers can occur. In a maintained greenhouse, a backup heating system ensures that the interior air temperature does not drop below some minimum set point, for example 5°C. This temperature, then, represents the lowest limit that can be attained by the water in the thermal-storage containers. It is not economical to fill all the storage containers with an antifreeze solution. It is far less costly to install an adequate sized backup heating system.

Rock and concrete, as heat-storage media, store about one-third as much heat for a given rise in temperature as an equal volume of water. Therefore for equivalent heat-storage capacity in a greenhouse, a much larger volume of rock or concrete is required than that of water.

There are definite advantages to using rock or concrete. Because these materials remain unaffected by low winter temperatures, the greenhouse can be left unattended over the winter without fear of damage to the heat-storage system. Furthermore, rock and concrete can serve as an integral part of the greenhouse structure on the floor while acting as the thermal storage mass. Dual use of these materials lowers the costs associated with the heat-storage system. Rock ordered in bulk by the truckload is a cheap thermal-storage material. The expense lies in the container needed to hold the rock in place. Rock in bulk costs $10 a cubic metre. Poured concrete put in place costs $170–250 a cubic metre. This cost can be reduced to $120–170 a cubic metre by providing your own labor.

Crushed rock or concrete floors need not be more than 100 mm thick in nonactive storage systems, unless a thicker floor is required for added strength. Heat absorbed at the upper surface of the floor does not penetrate further than 100 mm under typical daily variations in radiation and temperature. Similarly, any vertical concrete mass exposed only on one face should not exceed 150 mm. Any additional mass would have no economic value.

Glauber's salt is a thermal-storage material that makes use of latent heat, or heat of fusion, associated with the change in phase from a solid to a liquid. Heat is stored by liquefying the solid storage material and is recovered when it solidifies again. Glauber's salt, one of the most widely used phase-change materials, has a freezing point that ranges between 5 and 32°C, depending on additives. At about 24°C this salt has four times the heat-storage capacity of an equal volume of water that cycles through a temperature change of 10°. The real advantage to using a phase-change material such as Glauber's salt in a greenhouse is its large heat capacity contained in a small volume. This high efficiency significantly reduces the space required for thermal storage, thus freeing more space for growing plants.

Glauber's salt is packaged and marketed as ceiling and floor tiles, stackable trays, storage wall units, and cylindrical tubes. All packaging is fabricated to allow ease of heat transfer to and from the container. Per unit of heat-storage capacity, Glauber's salt is about 10 times more expensive than water in 200-L oil drums or about the same price to twice as expensive as water stored in commercially bought thermal-storage tanks.

The problems associated with using phase-change materials are gradually being eliminated as further improvements are made in both materials and containers. Some phase-change materials now on the market claim to be able to maintain a given level of performance through thousands of freeze–thaw cycles.

Estimating heat-storage requirements—A greenhouse can be heated entirely by the sun as long as it is furnished with a large enough thermal storage system. Usually, however, trade-offs are made between costs for thermal-storage and backup heat-

Table 5. Suggested quantities* of heat-storage materials for passive solar greenhouses

Degree-day zone (°C)	For season extension		For season extension	
	Free-standing	Attached	Free-standing	Attached
Water (L/m²)				
up to 3500	80	40	120	80
3500–5000	100	80	160	120
5000–6500	120	100	200	160
6500–8000	140	120	240	200
Masonry (m³/m²)				
up to 3500	0.20	0.10	0.30	0.20
3500–5000	0.25	0.20	0.40	0.30
5000–6500	0.30	0.25	0.50	0.40
6500–8000	0.35	0.30	0.60	0.50
Glauber's salt (m³/m²)				
up to 3500	0.02	0.01	0.03	0.02
3500–5000	0.02	0.02	0.04	0.03
5000–6500	0.03	0.025	0.05	0.04
6500–8000	0.035	0.03	0.06	0.05

*Quantities are per square metre of glazing.

ing systems and between space requirements for thermal storage units and growing beds. When food production is a prime concern, the amount of thermal storage located inside the greenhouse is usually minimized.

An attached greenhouse can manage with less heat storage than a freestanding greenhouse in cold weather and some excess heat generated in the greenhouse on warm days can be vented into the house.

Table 5 gives the recommended quantities of water, masonry, and Glauber's salt per square metre needed to operate a passive solar greenhouse. The masonry is assumed to be stone, concrete, or bricks of moderate density, stacked no more than 200 mm thick. Half the south face of the storage mass is assumed to be exposed to direct sunlight for at least 4 hours a day. The calculations on which the figures for Table 5 are based assume a well-insulated, double-glazed, low-infiltration greenhouse that employs no night insulation for the glazing.

Active heat storage

A thermal-storage mass that is isolated from the growing area and that requires fans or blowers to move interior air to and from the storage area for extraction and release of heat is known as an active thermal-storage system (Fig. 31). Active storage systems are commonly used to maximize the growing space within the greenhouse. The least expensive and least complicated type of heat-moving system for a family-sized solar greenhouse consists of a blower mounted near the highest point in the greenhouse, forcing warm air through ducting to a heat-storage mass located at a lower level or at ground level.

The thermal-storage mass is usually located under the greenhouse and consists of an insulated rock bed. Well-insulated thermal-storage areas are also sometimes built off one end or behind the greenhouse. Occasionally, a part of the greenhouse is sectioned off and the thermal storage mass is placed inside. All active systems rely on electrically driven fans or blowers to move the heat back and forth, a mechanism (often a baffles) to ensure uniform heat distribution throughout the storage mass, and a well-insulated storage area, or alternatively, a space that loses its heat predominantly to the greenhouse interior.

Active thermal-storage systems tend to incur higher installation costs than passive storage systems. They require an external power source to make them function and periodically they require maintenance and repairs to operate smoothly.

A rock bed is perhaps the most commonly used active thermal-storage system for solar greenhouses. The rock bed is usually placed under the greenhouse, with its surface serving as all or part of the greenhouse floor. The rock bed is typically quite shallow, with a maximum depth of 500 mm. The walls of the rock bed are typically made of concrete or concrete block and the top consists of a reinforced concrete slab. Air can be distributed throughout the rock bed by various means. A horizontal-flow rock bed system can distribute air through the side entries of hollow concrete blocks or through perforated corrugated plastic drain pipes. A vertical-flow rock bed can be constructed from spaced bond beam concrete blocks, overlaid with expanded metal lath to direct the air. Consult *A Guide to Rock Bed Storage Units*, a publication of the National Research Council of Canada, for further details on theory, construction, and cost of these active storage systems. Rock bed thermal-storage units typically cost $450–600 a cubic metre installed, including fans, dampers, controllers, and ducting. By doing the work yourself, these costs can be reduced to between $350 and $450 a cubic metre. Per unit of storage capacity this system is about twice as expensive as passive systems using water stored in commercially bought thermal storage tanks or about 20 times as expensive as water stored in 200-L drums.

Numerous arrangements can be devised for recovering heat from the greenhouse by blowing warm air through voids in a concrete slab floor. In one system 125 mm of concrete is laid on top of corrugated steel decking. Heat from warm air passing through the channels formed by the corrugations in the decking is transferred to the steel, and from the steel to the concrete. Extruded polystyrene insulation is placed under the corrugated steel. Another system consists of concrete blocks placed on their sides with the voids aligned to form channels through which warm air can pass. The supply-and-return manifolds are formed by leaving space between rows of blocks. These spaces are covered with corrugated steel decking and 100 mm of concrete is poured over the surface. A third system makes use of a floor slab comprising dozens of corrugated plastic drain pipes with a diameter of 200 mm. The drain pipes are set in concrete, and 100 mm of concrete is poured on top. The drain pipes act as air channels through the slab. The cost of these systems, excluding fans, dampers, controls, and ducting, is between $40 and $50 a square metre More details concerning these units can be obtained from the May 1982 issue of *Solar Age Magazine*.

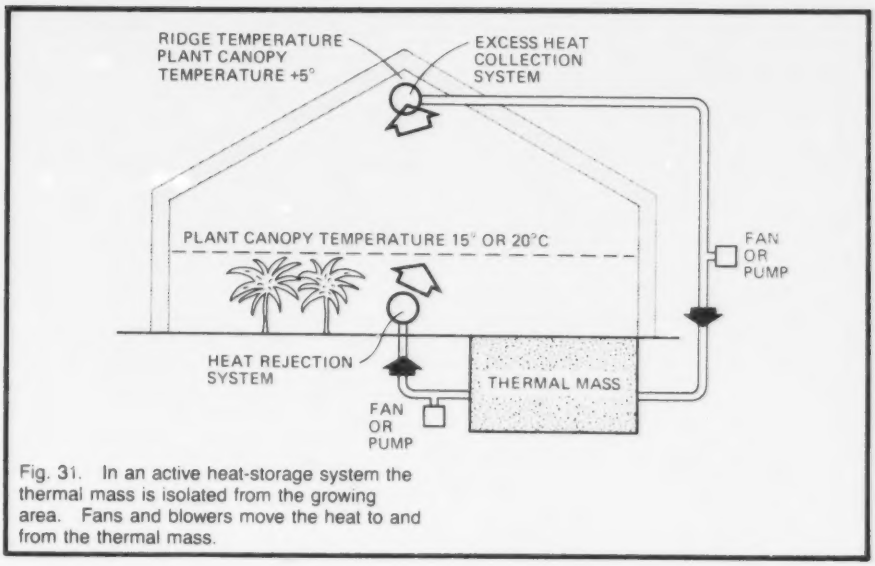


Fig. 31. In an active heat-storage system the thermal mass is isolated from the growing area. Fans and blowers move the heat to and from the thermal mass.

Backup heat

A greenhouse designed to be heated entirely by the sun is an expensive undertaking. If this option interests you, contact a solar greenhouse designer in your area. A less expensive plan is to rely on solar energy for heat under most weather conditions but to install a backup heater for operation during long, cold, cloudy days and very cold nights when enough solar energy cannot be generated to maintain an acceptable temperature range. When you are producing food year round in the greenhouse, a backup heater is good insurance against crop loss.

Heaters come equipped with thermostatic or manual controls. Thermostatically controlled heaters automatically turn on when the temperature falls below a preset minimum. Automatic operation is convenient in the early morning, in the middle of a cold night, or during absences of longer than a day. Manually controlled heaters are at least $20 less expensive than thermostatically controlled heaters, but they require more vigilance during the colder months.

Heating from the main building can often be used to supply an attached greenhouse with additional heat. Ensure first that the existing furnace or heaters in the house can indeed handle the extra load imposed by the heating of the greenhouse. Oil and gas furnaces are typically oversized in most Canadian residences built before 1970. Unless these systems have been downgraded in size as a means of conserving energy in the home, they likely have sufficient capacity to act as a backup system for an attached greenhouse. In these cases, simply extend the heat-supply network of the main house and locate one or more heat outlets in the greenhouse. Another way of gaining access to heat from the main house for heating the greenhouse is by ensuring good air circulation between the two structures. Simply open the windows, doors, and vents between the adjoining structures wide enough to maintain an acceptable temperature in the greenhouse.

For freestanding greenhouses and those attached greenhouses that are unable to use the heat supply of the main house, several backup heat options are available. Perhaps the least expensive to buy and install are the electric baseboard type of heaters. These are the most common choice for attached greenhouses and are becoming popular for small, freestanding

structures. Their main disadvantage is the high cost of electricity as a heat source in most areas. However, when the greenhouse is well insulated and reasonably air tight, very little electric heat is needed.

Electric heaters are usually equipped with built-in thermostats. If yours is not, buy a separate thermostat to plug in line with the heater. Electric heater appliances should include fans to ensure forced-air circulation to all parts of the greenhouse. Electric heaters require a separate, heavy-duty electric line and receptacle. A 120-V, 1650-W electric heater with built-in circulating fan and thermostat costs approximately $75. A 220-V, 4000-W heater with fan and thermostat sells for about $200.

To estimate the size of electric heater needed for your greenhouse, use Table 6, adapted from the publication *Low Cost Passive Solar Greenhouses*, published by the National Center for Appropriate Technology. Table 6 assumes that the greenhouse is built to conform to the insulation, infiltration, glazing, and heat-storage standards presented in Table 5. It also assumes that night insulation is not being utilized.

Using the data from Table 6, the minimum size of electric heater required as a backup system for a freestanding, season-extending greenhouse with a glazing area of 15 m^2 in Edmonton (5589 degree-days) is

15 m^2 × 110 W/m^2 of glazing = 1650 W

Heaters burning natural gas, oil, propane, or wood can also be used as backup heating systems in greenhouses. Wood stoves tend to be more time consuming and inconvenient to operate than the others. Depending on your location, however, wood can be an inexpensive energy source. A good-quality airtight wood stove, approved by the Canadian Standards Association and capable of heating a 25-m^2 greenhouse throughout the night, costs between $300 and $600. Chimney installation, heat-shielding materials for nearby flammable objects, and fans for heat distribution add a further $100–200 to this cost. Follow the manufacturer's guidelines for installation. Locate the stove centrally and provide enough stove and pipe shielding to allow the stove to be placed within 500 mm of beds and benches.

Heaters burning natural gas, propane, kerosene, and oil all make good backup heating systems. Greenhouse manufacturers and suppliers sell these heaters. Their smallest units may be just the size you require. To determine the size of gas- or oil-burning heater needed, use the sizing chart for electric heaters in Table 6. These values in Table 6 must be increased by a factor of 1/0.8 to account for the lower efficiency of gas and oil furnaces. The steady-state efficiency of gas and oil furnaces is about 80%, whereas electric heaters are 100% efficient. Since the heat-output capacity of gas and oil heaters is still commonly expressed in British thermal units (BTU) per hour, multiply the wattage figure in Table 6 by 3.4 to obtain the number of British thermal units you need per square metre of glazing area. Then multiply this figure by the total number of square metres of glazed area in the greenhouse to give you the output capacity of the oil or gas stove you require. For example, a freestanding greenhouse with 30 m^2 of glazing being used for year-round production in Montreal (4471 degree-days) requires a gas- or oil-fired heater with a minimum output rating of

30 m^2 × 1/0.8 × 110 W/m^2 of glazing ×

3.4 BTU/h per watt = 14 025 BTU/h

This figure represents a very small gas or oil heater. Commercial greenhouse suppliers would probably not be able to supply units of less than 20 000 BTU/h output. Household-appliance dealers and hard-

Table 6. Minimum recommended capacity of electric heaters for passive solar greenhouses

Degree-day zone (°C)	Minimum heater capacity* (W/m^2 of glazing)			
	For season extension		For year-round operation	
	Free-standing	Attached	Free-standing	Attached
up to 3500	60	50	60	50
3500–5000	90	60	110	90
5000–6500	110	90	130	110
6500–8000	130	110	150	130

*These figures have been determined using 5°C as the minimum interior greenhouse temperature. Although no productive growth occurs at such a low temperature and warm-weather crops cannot survive such extremes, this minimum is sufficient to prevent cool-weather plants from freezing.

ware stores often stock smaller oil space heaters suitable for use in a greenhouse. These units typically cost less than $200. A gas space heater with a capacity of 20 000 BTU/h from a greenhouse supplier costs between $350 and $500.

Virtually all heaters burning gas, oil, propane, or kerosene require chimneys to vent the combustion gases from the greenhouse. The only exceptions are a few through-the-wall heaters that are installed much like window-mounted air conditioners. These units are sealed from inside the greenhouse. They draw their combustion air from and expell combustion gases to the outdoors. No chimneys or flues are required with these systems. Most fossil-fuel-fired heaters require, besides a chimney, access to an adequate air supply to support combustion (Fig. 32). A small duct leading from outside, through the wall, and terminating close to the heater suffices. Space heaters burning oil or gas offer thermostatic or manual controls.

With an automatic ventilation system used in combination with a vented gas- or oil-fired heater, thermostatic controls become essential. If the heater were to continue to operate after the automatic ventilation system had been triggered, the lower pressure created in the greenhouse by the venting fans would cause a downdraft to occur in the chimney. A downdraft could bring the combustion gases back into the greenhouse and cause harm to plants and people. To prevent a downdraft from occurring, set the thermostat on the ventilation fan a minimum of 5°C higher than the thermostat on the heater.

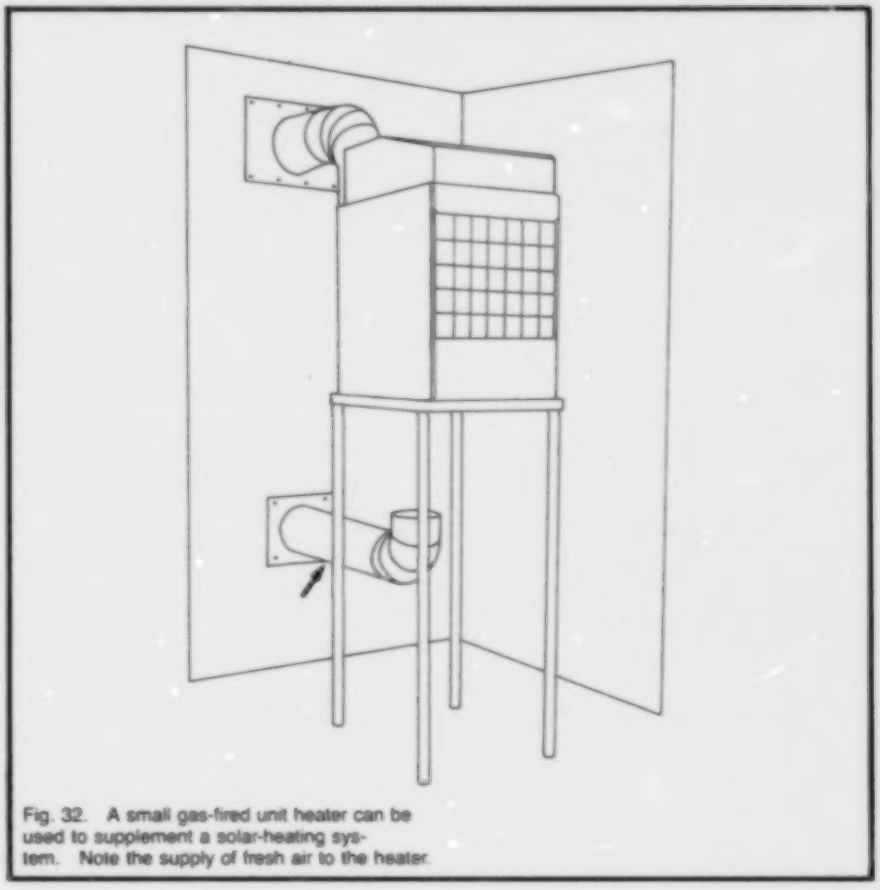


Fig. 32. A small gas-fired unit heater can be used to supplement a solar-heating system. Note the supply of fresh air to the heater.

Environment

A solar-heated greenhouse is designed to provide a controlled environment for growing plants all through the year. Nevertheless, maintaining an artificial environment requires constant attention. The successful grower must know the environmental needs of each crop and how to use the systems in the greenhouse to achieve proper conditions for growth.

To grow well, plants need temperatures within specific ranges; relative humidity levels between 60 and 80%; a carbon dioxide level around 300 ppm, close to that in the atmosphere; and adequate light.

The grower learns how to use the greenhouse and its systems as a tool to create and maintain this good plant environment. Temperature is managed by proper heat-storage capacity in the greenhouse, proper ventilation, and seasonal backup heating. Relative humidity and carbon dioxide levels are managed by proper use of the ventilation system. Inadequacies in light levels and day length can be compensated for by using artificial lights to start seedlings, by scheduling crops in the correct season, and by locating crops in the greenhouse according to their light requirements.

The layout of the greenhouse can be planned to take advantage of various climatic zones found within the greenhouse. Appropriate alternatives for placement of thermal storage areas, walkways, growing areas, and the various crops must always be considered.

Temperature

Solar greenhouses differ in their capacity to capture, store, and release heat, depending on their design. In Canada however, almost all solar greenhouses require some sort of auxiliary heat to keep temperatures on winter nights above a minimum of 6–10°C. Refer to the section "Backup Heat" in the "Construction" segment of this text for a thorough discussion of this subject.

Locate all auxiliary heating systems so that the heated air does not blow directly onto any of the growing areas. Place the heater toward the center of the north wall away from growing beds, either on the floor or on a small stand. A perforated, polyethylene tube attached to a small blower and leading from the heater can also be used to distribute the warm air.

All greenhouses require cooling during the summer and many must also be cooled during sunny days in the spring and fall, and even in the winter. The ventilation system, composed of ridge and kneewall vents, a side-wall intake vent, and

an exhaust fan, comprises the cooling system in the greenhouse. It pushes hot air out of the greenhouse while drawing in cooler air.

The section "Cooling and Ventilation Systems" describes the various systems that are available and how they are best used to control temperature.

Relative humidity and carbon dioxide

The ventilation system, besides serving to remove excess heat from the greenhouse, also controls the relative humidity and the carbon dioxide content of the greenhouse air.

Air drawn in from the outside contains about 300 ppm of carbon dioxide. Air drawn in from a well-insulated house usually contains even higher concentrations of carbon dioxide, because during respiration people extract the oxygen component and expel air enriched with the carbon dioxide component. Because plants need carbon dioxide to produce sugars, they grow best in environments rich in this element. Commercial vegetable growers increase the content of carbon dioxide in their greenhouses to about 1500 ppm for some crops. Although this level is impractical for the home grower to maintain, the carbon dioxide level should be elevated as high as possible. A closed greenhouse may contain as much as 500 ppm of carbon dioxide at dawn, but on a sunny day levels may drop to less than 200 ppm in only a few hours when no fresh air is admitted. Low carbon dioxide levels slow growth significantly.

During the summer in dry climates, greenhouse air can become too dry for optimum growth. Increase the humidity around the plants by misting gently with a fog nozzle. A fine mist can be added to the air over walkways and beds alike. Walkways and floor surfaces can also be watered; as the moisture evaporates, the greenhouse air becomes more humid.

During the winter healthful levels of carbon dioxide and a relative humidity in the correct range may be particularly difficult to maintain. Attached greenhouses can exchange air directly with the home. However, freestanding greenhouses must be vented to the outside. Try to vent during the sunniest part of the day. Even so, on some cold days you may have to operate the heater while you vent, just to maintain the correct temperature. An interior circulating fan used during these periods disperses the excess humidity around the plants, thus reducing the chances of fungus diseases, and increases the plants' access to carbon dioxide.

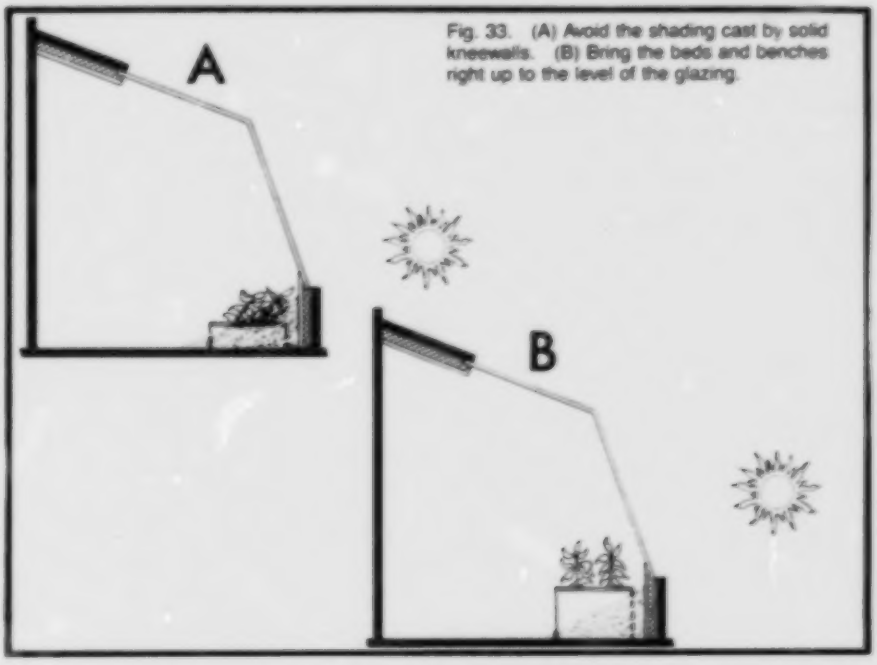


Fig. 33. (A) Avoid the shading cast by solid kneewalls. (B) Bring the beds and benches right up to the level of the glazing.

In larger, freestanding greenhouses and greenhouses attached to well-insulated homes, use an air-to-air heat exchanger to solve problems with both relative humidity and carbon dioxide while minimizing increased heating costs. Incoming, cool air drawn into the heat exchanger from outside is warmed by the warm interior air that is being exhausted. The two airstreams are separated in the core of the heat exchanger by thin-walled materials that allow heat transfer but no mixing of the air streams. Thus, heat is recycled and relative humidity and carbon dioxide levels are both adjusted.

Greenhouse design

For greatest thermal efficiency, the width of most attached solar greenhouses must not exceed 4.5 m. This rather narrow width limits the ways you can lay out the floor plan.

The best growing area is usually right up against the glazing, extending midway toward the back wall. This area generally receives the most light. Obviously the extent of this area varies somewhat, depending on the size of the insulated roof, the presence of any exterior obstructions that may shade parts of the interior, and the extent of insulation in the east and west walls. Use the following guidelines to determine the exact extent of the best growing area in your case and to optimize its use.

- To avoid the shading cast by solid kneewalls, bring beds or benches right up to the level of the glazing (Fig. 33). Adjust the greenhouse design to ensure adequate headroom for plant growth on the south side.
- Unless circulating fans are in constant use, cold air settles and remains at ground level. In greenhouses built at a level lower than that of the adjoining house, ensure that plant benches and beds are at least as high as the floor of the adjoining building, to keep plants raised out of the cold air that settles at floor level.
- Plants growing flush up against the glazing retain the cold air at plant level. Therefore leave a narrow space of 50–75 mm between the glazing and the bed or bench to allow the cold air to fall to the floor. This space also ensures that plants are not directly exposed to condensation dripping from the glazing.

Heat-storage placement

When water is being used for heat storage, you must determine the best location for the storage containers. Although the sunniest location is the most efficient place for heat storage, it is also the best place for growing plants. Some tradeoff therefore becomes necessary in laying out the components of the greenhouse.

Two good locations for passive heat storage containers are directly behind a south-facing, glazed, vertical kneewall and high along the north wall where they are directly exposed to the winter sun. When benches rather than beds are used for growing plants, storage containers such as 200-L drums can be used as bench supports along the north wall. There the drums are well exposed to winter sun and interfere least with optimum growing areas.

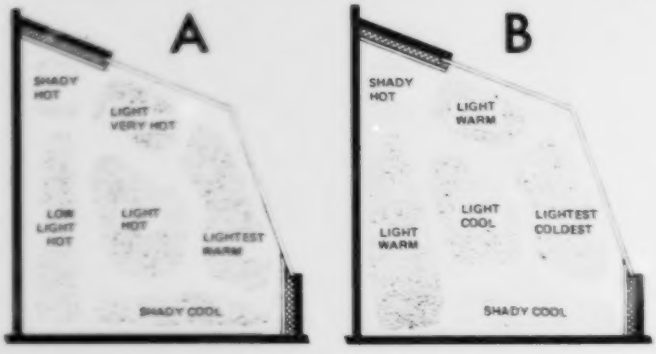


Fig. 34. The climatic zones in greenhouse change with the seasons: (A) spring, summer, and fall; (B) winter.

Interior climatic zones

Before finalizing a floor plan, consider first the various light and temperature zones within the greenhouse (Fig. 34). The variety of environmental conditions these zones offer can be used to produce specially selected crops with different requirements for growth.

Because hot air rises, the warmest areas are always toward the peak of the greenhouse. Shelves laid across double-tiered barrels on the north wall provide a good environment for starting seedlings, because germination benefits from the warmer air at this level. Furthermore the barrels do double duty, serving as heat storage containers and as bench supports. Use slatted or wire-mesh shelving to ensure adequate air circulation around the plants and the heat-storage containers. The air movement improves heat flow and aids plant growth.

The area immediately adjacent to the glazing is the brightest spot in the greenhouse but it is also subject to the greatest fluctuation in temperature, particularly when no night curtains are used. Despite temperature extremes, this location is the most appropriate for growing beds or benches. If the east wall does not contain a door, extend the growing area along the east end for maximum exposure to morning light.

The shadiest area is along the north wall, especially in the spring, summer, and fall when the sun is higher in the sky. This area is best suited for heat-storage containers, as well as for those plants that benefit from shading during those months. Regardless of the layout, always place taller plants such as tomatoes, cucumbers, and melons toward the back. Otherwise the tallest plants tend to prevent the available light coming in from the south from reaching shorter plants behind them.

Beds and benches

The type of growing containers you choose depends on which plants you want to grow. Fairly deep beds that can accomodate deep root systems are best for growing vegetables. Deep-feeding plants such as broccoli, tomatoes, melons, and cucumbers flourish in 60 cm of soil, whereas shallower-rooting crops such as lettuce and other greens do well in 30–45 cm. Between 45 and 60 cm of soil serves most other vegetable crops. Deeper beds have the added advantages of requiring less-frequent watering and feeding and of contributing to overall heat storage. Moist earth is an excellent heat-storage medium.

Garden-type growing beds can be dug in existing soil left exposed on the floor of a ground-level greenhouse. Greenhouses on rooftops, porches, or second storeys obviously require raised beds with some sort of bottom. When you have access from only one side, make the beds no wider than 100 cm. With a walkway on either side, the width can be extended to 150–180 cm. However, if ease of access is not essential and you need to maximize your growing space, wider ground beds can be built, as long as boards or stones are interspersed throughout for entry into all areas.

Raised beds—To build an enclosed, raised bed, use boards rather than plywood. The laminating glue used in plywood sheets tends to weaken with constant exposure to water; subsequently, warping occurs. Use boards at least 20 mm thick. Thicker boards do not rot through as quickly as thinner wood. Provide adequate drainage by drilling holes 20 mm in diameter at intervals of 150 mm in the bottom of the beds. Cover the holes with screening to prevent soil from falling through or from plugging them up. Screen the bottom of a slatted bed entirely, leaving 13-mm spaces between boards. As the boards swell in contact with moisture, the spaces tend to close up somewhat.

Ground beds—When the original soil of the greenhouse floor drains easily, a slightly raised bed dug into the ground is an option that saves the cost of construction materials. Furthermore, in-ground growing beds provide conditions most closely resembling those of an outdoor garden. These beds help to alleviate some of the problems inherent in container growing, such as the rapid drying out of the soil medium, and allow earthworms and other naturally occurring, beneficial soil organisms easy access to the greenhouse beds.

To build in-ground beds, simply excavate down 60–90 cm. Put 10 cm of washed gravel at the bottom of the bed for added drainage if the soil is clayed. When the foundation insulation does not extend down as deep as the excavation, lay styrofoam insulation along the foundation wall. Use stones pressed into the side of the bed, a low masonry wall, cinder blocks, or scrap lumber to hold the soil in place.

Benches—Grow seedlings, ornamentals, and any other potted plants on raised benches. Plants placed at waist height benefit from the warmer air at this level. Use the space under the benches for shade-loving plants, as well as for cuttings and freshly transplanted seedlings.

Any sturdy support can serve as a bench. Commercial growers frequently use heavy screen tacked onto a wooden frame. The screening allows easy drainage as well as some air movement from below. A 50-mm lip nailed around the periphery of the bench prevents pots from being knocked off and can contain a shallow bed of pea gravel. Pots are set on top of the gravel for better drainage.

Space savers—Hanging pots can increase available growing space by as much as one-third and offer a way to utilize the warmer, sunny areas toward the greenhouse peak. Many trailing ornamentals, as well as some vegetables, can be grown suspended in hanging pots. Cherry tomatoes, nasturtiums, thunbergia, and cascading petunias are some plants that grow well in hanging baskets.

Vertical growing not only decreases the amount of bed space plants occupy but also increases yield and prevents disease problems that result from leaves and fruit lying directly on the soil. Many vegetables such as cucumbers, peas, melons, and tomatoes can be grown vertically. Install a thick, overhead wire or trellis in the greenhouse before planting these crops in the bed. The wire or trellis should be 1.8 m high. Suspend string such as nylon fishnet twine from the wire to the plant. Plants that have tendrils, such as cucumbers, peas, and melons, voluntarily climb the string once their tendrils have been wrapped around it in a few places. Tomatoes must be trained. Tie the string loosely around the base of the plant. As the plant grows, gently wind the growing tip around the string.

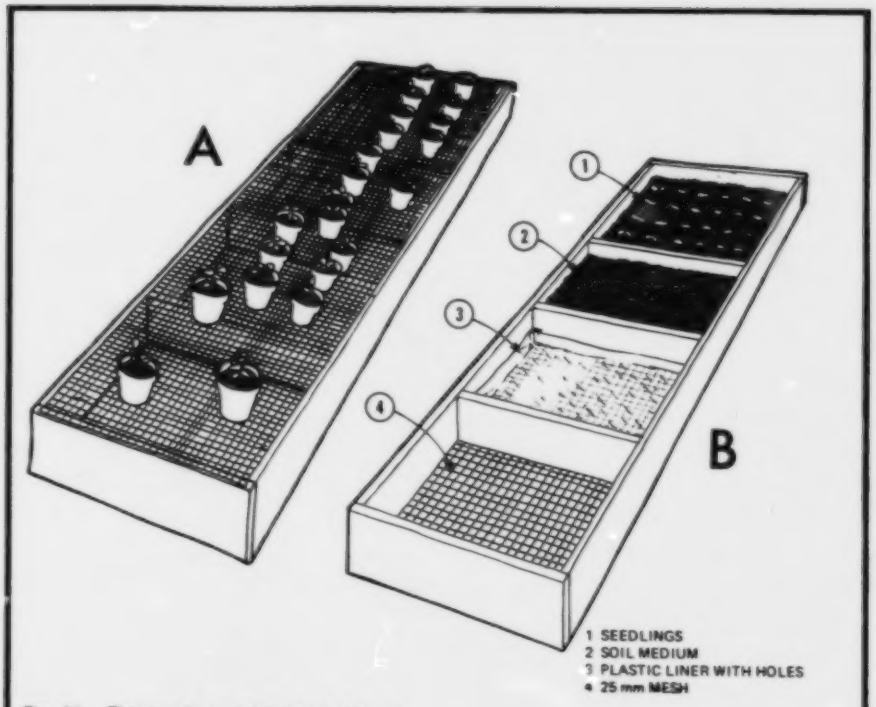


Fig. 35. This handy portable bench (A) converts to a shallow bed (B).

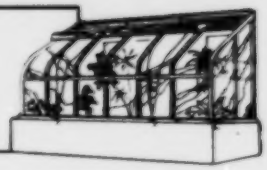
Convertible beds and benches—Most urban gardeners probably hope to grow a combination of food, ornamentals, and seedlings in the greenhouse. For multiple use of growing space, the managers of the Natick Community Farm in Natick, MA, have designed some handy portable benches that convert to shallow beds (Fig. 35). The beds are framed with 38 × 235 mm boards. The bottoms are made from 25-mm wire fencing. The wire bottom is lined with plastic, in which holes are punched for drainage. Shallow crops such as lettuce and other greens are grown in these beds in fall and winter.

In the early spring, the soil medium and liner are removed and the beds are turned upside down to serve as benches for seedling trays. Drums or other supports placed under these convertible beds elevate them to a comfortable working height.

Walkways

Leave spaces of 45–60 cm for walkways. To accomodate a wheelbarrow in the greenhouse, a central aisle of 90 cm is needed. Avoid soil walkways, which become very muddy. Gravel is a good material for a walkway. It also serves to augment the heat-storage capacity. A concrete walkway also works well, but be sure to install a drain to remove any excess water used in cleaning and upkeep.

PART 3
Greenhouse management



Growing plants in a small hobby greenhouse can be rewarding. The species that can be cultivated vary from common vegetables such as tomatoes and cucumbers to the most exotic orchids and tropical plants. The amount of enjoyment realized depends on the rate of success, which in turn is related to the number of problems encountered. The operation of a hobby greenhouse involves considerable experimentation. A green thumb is usually only developed after substantial first-hand experience.

Many reliable books and manuals are available to amateur gardeners, most of them written by people with many years of experience. Before investing in a greenhouse, the hobbyist should read as much information on the subject as possible. This book is only intended to provide the basic information necessary for the novice greenhouse gardener. To obtain further details, a list of available information is included in the "Resource Bibliography."

Growing media

Soil

Soil is the oldest and most common medium used for growing plants. It is a complex mixture of inorganic and organic components. The most stable soil component is its mineral content, classified as sand, silt, or clay. Sand feels harsh and gritty and the grains do not hold together readily. Sandy, coarse-textured soil is easy to work and drains easily, but it does not retain plant nutrients well. Silt particles are smaller than sand. They feel smooth between the fingers and pack together more tightly than sand. Silty soil therefore contains smaller air spaces than sand, with resulting slower drainage, and it does not hold together well when dried out. Clay particles are even finer than silt. Because of their different physical and chemical makeup, they actually absorb moisture and nutrients. Clay soil particles swell when water is added, closing the pores, compacting, and impeding drainage.

Loam is defined as a medium-textured soil containing sand, silt, and clay in balanced proportions. The term alone is vague, and soils are usually described as sandy loam, clay loam, and so on, depending upon the proportion of these particles.

Tilth refers to the structure of the soil, namely the way in which particles of sand, silt, clay, and humus form granules of soil. Tilth may be improved by addition of various synthetic soil conditioners known by a variety of trade names and by the abbreviations of their chemical names, such as VAMA, CMA, and HPAN. As these compounds do not contain nutrients, they are not substitutes for humus.

Humus is the dark, organic component of soil derived from animal and plant residues. Humus improves the tilth of the soil and provides nutrients. Organic material such as animal manure, fallen leaves, grass clippings, and sawdust are useful sources of humus. Humus-forming materials such as well-rotted manure, leaf mold, or peat moss may be purchased from garden supply stores. Most field soil must be specially prepared for use in pots or greenhouse benches by increasing its porosity and water permeability. If suitable field soil is not available, soilless growing media should be used.

Composting

Composting is a means of returning to the soil as humus a great amount of organic material that might otherwise be discarded. The best way to make compost is to use layers of vegetable matter between layers of nitrogen-enriched soil. There are many ways of composting. The typical aerobic compost pile is frequently turned over, in order to admit air for oxygen-requiring microorganisms. The mix should be kept moist to facilitate the decomposition process. Also important for the process are the naturally occurring microorganisms that are abundant in good soils or in animal manures. If use of manure is undesirable, nitrogen-containing fertilizers and microorganism-containing products such as Gro-zyme® or Fertosan® can be added to the compost pile.

Ready-made compost bins of wooden slats or wire mesh may be purchased (Fig. 36). A ready-to-use compost should be black or dark brown, crumbly, and without odor. Composting may not be convenient for a small greenhouse operator or home gardener because of the time and space it requires.

Soilless media

Soilless media have become important items in the production of container-grown crops. Commercial soilless media are mixes of organic and inorganic components; they are light in weight and have high capacities for aeration, water holding, and cation exchange.

The usual components of the mix are sphagnum peat, vermiculite, perlite, composted bark or sawdust, sand, polystyrene foam, and calcined clay. These media can be amended with dolomitic limestone (3–15 kg m^3), superphosphate (1.5–3.0 kg m^3), trace elements (75–125 g m^3), and calcium or potassium nitrate (1.2 kg m^3). If needed, a wetting agent (120–200 g m^3) may be included. These added nutrients provide nutrition comparable to a soil of moderate to low fertility.

Soilless media are not cheap to buy or to make, but the quality is known and the performance predictable. Soil, on the other hand, is quite variable and may need to be sterilized, stored, and handled. A grower who formulates his own mix, soilless or not, should plan to make a better mix than the formulations found commercially. For best results you need the very best root medium available.

Germinating mixes

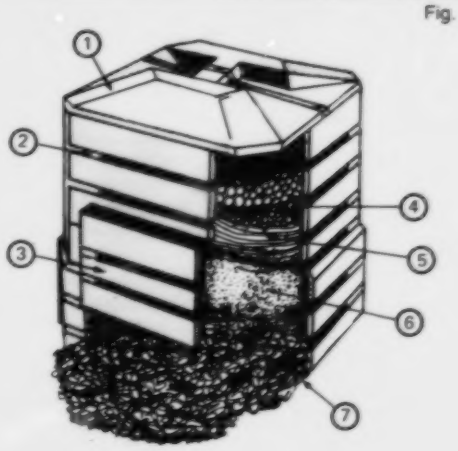
Germinating mixes can be purchased or made from easily obtained ingredients such as vermiculite, perlite, and sphagnum peat in equal parts; soil, sand, and perlite in equal parts; or soil, vermiculite, and peat in equal parts.

The University of California mix contains one part fine sand to three parts peat moss. To each cubic metre of this mixture are added 100 g potassium nitrate, 100 g potassium sulfate, 1 kg superphosphate, 2.5 kg dolomite, and 2 kg calcium carbonate lime.

Soil pasteurization

Conditions often found in a greenhouse such as high heat and moisture levels, low availability of plant nutrients, and the continuous culture of only a few species of plants encourage development of plant disease organisms. Therefore, destruction of these organisms in the growth media, greenhouse bench, or pots by either physical (steam) or chemical means is necessary. These treatments also control nematodes, insects, and weeds.

Fig. 36. Compost bin.



1 Lid sheds rain and snow, recirculates moisture.

2 Air vents allow efficient aerobic bacteria to breathe, preventing unwelcomed odors.

3 Doors slide up to remove dark, sweet smelling compost.

4 Microorganisms break down the material which is kept moist and well aerated in the composter.

5 Bacterial activity raises the temperature (to 57°) destroying weed seeds and disease bearing organisms.

6 Larger microbes break down the material further, increasing the fertility and aerating the compost.

7 Finished compost.

Never use ordinary garden soil for sowing seeds or growing plants in containers. Prepared potting and seed mixtures sterilized to destroy weeds, pests, and diseases should be used instead.

Soil is pasteurized to eliminate harmful organisms without destroying the beneficial ones. If it is heated at too high a temperature, the beneficial microorganisms are killed and the soil becomes sterile. Sterile soil is subject to a greater degree of infection by disease-causing fungi and bacteria, extensive ammonia release, manganese toxicity, higher salt levels, and destruction of soil organic matter.

If a greenhouse is heated by a central water system, you can pasteurize the soil by steam. The steam should be kept at about 70°C to avoid the hazards of overheating.

Small amounts of soil can be pasteurized in an oven. Put the moist soil in a metal baking pan for 30 minutes at an oven temperature of 80°C.

Soil can also be sterilized by chemical means. Use 40% formaldehyde (formalin) as follows: dilute 30 mL in 1.4 L of water and sprinkle this dilution evenly on a layer of soil 2.5 cm thick and 60 cm square. Mix the soil well and cover with plastic for 12 hours. Before using the soil, air it for 24 hours or more until all odor disappears. Use rubber gloves. Formaldehyde is toxic. Therefore read the label and use precaution.

Several other chemical fumigants may also be used, but with caution. Carefully read all directions on the labels and follow them meticulously. Some residues may remain in the soil after fumigation and affect the germination and growth of plants. The label should specify the waiting period before planting.

Small electric sterilizers can also be bought rather cheaply. Some use dry heat; others work using steam passing through the soil. Take care to avoid overcooking the soil.

Pots, tools, benches, and shelves should also be cleaned and disinfected before using. Pots, trays, and flats can be sterilized by dipping them in a solution containing one part of 10% Chlorox® or Javex® to nine parts of water. Allow the chlorine in the solution to dissipate completely before using the containers. At least 24 hours is usually required.

Water

Water, a basic component of plant tissue, may make up as much as 85% of the weight of a living plant. Water maintains the turgor pressure; so when water is scarce, the cells of the leaves collapse and the plant wilts. Most of the water taken up by the root system is transpired into the air through leaves in the form of water vapor.

For best results the amount of water available in the soil must be balanced against the amount the plants transpire. Therefore, plants growing in bright sun or under lights at warm temperatures need more water than plants at cooler temperatures and must be watered often. On the other hand, when plants are overwatered, the roots are unable to get air (oxygen) and the plants literally drown. Overwatering causes the following symptoms:

- light green or yellow leaves
- leaves with brown edges or tips
- a sparse root system with few root hairs and with larger portions of the root soft, mushy, or rotten. The damaged root system cannot take up water and nutrients; therefore wilting, lower growth rate, and nutrient-deficiency symptoms result.

Underwatering shows first in the young, soft leaves as wilting at the tip. The soil in the pot, when rubbed between the fingers, feels dry and dusty, the root system is dry, and the root hairs are destroyed. As a result of chronic lack of water, the leaves are smaller, the internodes are shorter, and the plant develops a hardened appearance. The margins of the leaves may be burned in extreme cases.

Moisture meters can be inserted into the soil in the pot to measure the relative moisture content and thus determine the water requirements. However, no sensing device can substitute completely for the judgement of an experienced person.

Water the plants thoroughly, letting the water drain out of the pot. Repeat the watering when the top layer of the soil mix becomes dry.

Germinating seeds and young plants have special requirements for water: seeds must absorb water for germination and a new seedling must establish shoot and root systems. Availability of water at this stage of growth is critical. Likewise, an actively growing plant also exerts a heavy demand for water. As the plants mature the need for water may diminish but the warmer summer temperatures again increase the demand. Under conditions where the amount of light and temperature is lower and growth of plants is slower, the need for water is less. The need for water depends also on the soil mix; the ideal mix drains readily to prevent drowning yet retains enough water for good growth.

Besides the amount, the quality of water is important. High salt content is a common problem. A conductivity meter gives a good measure of the total soluble salts in the water. The electrical conductivity of good water is not more than 75 units. A reading between 75 and 200 units is permissible, but at readings above 200, plants may be damaged.

Chlorination of city water normally does not affect greenhouse crops. However, fluoridation of water does cause injury to some crops. Fluorides in water may cause browning or burning of foliage plants such as lilies, dracaenas, and spider plants. If fluoride damage is suspected you may consider using rainwater or distilled water, or raising the pH level of the growing medium to tie up the fluoride.

The temperature of the water should be about 15°C or a bit higher. Most house plants are of tropical origin and may not tolerate cold water. When watered with cold water, the plant is subjected to a shock treatment that stops or hinders the growth processes.

In a small greenhouse, the watering can, although uneconomical, is the traditional method of applying water. However, use of a garden hose with a nozzle is a more rapid method. Use breakers and nozzles to prevent damage to the plant material and to keep the root media from being washed out of the pot or bench. Use a superfine nozzle for watering freshly planted seed pots or flats.

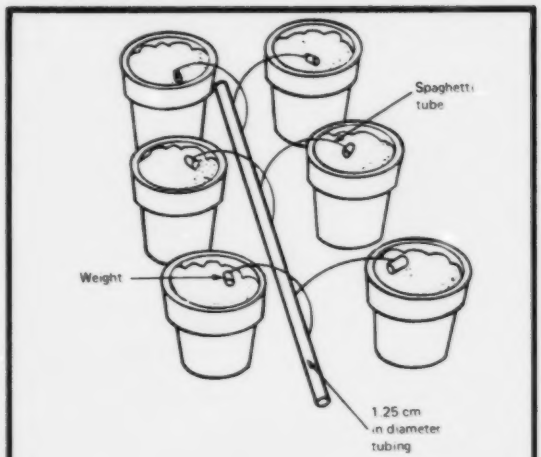


Fig. 37. An automated watering system.

Several automatic or semiautomatic watering systems can be used in the greenhouse. A perimeter watering system consists of a plastic pipe placed around the perimeter of the bench with nozzles that direct water onto the root media below the foliage. With a tube watering system (Fig. 37), water is supplied by a thin tube to each individual pot. A capillary-mat watering system permits a pot to pick up water by capillary action through the bottom of the pot. This system has several advantages:

- constant attendance is not required
- growth may be better
- feeding of plants may be simplified by use of timed-release fertilizers
- each plant gets the required amount of water
- humidity in the greenhouse can be increased to the benefit of the tropical plants. Caution: unless you have good air circulation, high humidity may increase disease
- the system is simple and relatively cheap

Water can be supplied to the mat by a polyethylene pipe and spaghetti tubes, each one supplying a 30 × 30 cm area of the mat. Keep the mat constantly moist but not dripping wet and never permit it to dry out completely. Pots with multiple drainage holes in the bottom are best suited for this method. When the mats are first installed, water the plants from the top to start the capillary action. A wetting agent can also be added to the water used to soak the plants from the top, to aid water absorption. Keep the bench level, although a slight difference of 2–5 cm may be tolerated. Cover the bench with a black or clear polyethylene sheet before you install the mat. Manual valves in the watering system, rather than automatic ones, are probably the best for the small grower.

Light

Photoperiodism is the response of a plant to the relative length of light and dark periods within a 24-hour cycle. Depending on the plant this response may determine different things, such as red or white pigmentation of poinsettia bracts, the flowering of chrysanthemums, or tuber formation in dahlias.

Plants are classified according to this response as being short-day, long-day, or day-neutral plants. The short-day plants flower only when the night period becomes critically long. For example, poinsettias require a 12-hour dark period for flowering. Chrysanthemums, kalanchoes, azaleas, and Rieger begonias also require short days to flower.

Long-day plants respond to a day length that is longer than the dark period. For instance, asters develop tall stems and initiate flowers only under long days.

Day-neutral plants, such as roses, do not respond to differences in the length of days.

Facultative short-day or short-night plants flower at any length of day but flower faster under particular photoperiods.

The day-length response depends also on the temperature. In the chrysanthemum, for example, as the temperature goes up (within limits) the critical night-length becomes shorter.

The controlling mechanism in plants that are photoperiodically sensitive is the phytochrome pigment that serves as the light receptor.

In the greenhouse the day length is controlled by drawing shade cloth over the benches in order to increase the dark period. Supplementary lighting is also used to extend the light period. The light intensity for photoperiodical control of flowering is relatively very low, only 1 watt per 30 × 30 cm area.

Photosynthesis is the process whereby carbon dioxide (CO_2) is converted to carbohydrate, needed by the plant for growth and maintenance. Plants depend on energy received via natural or artificial light to activate the process, which can be summarized by the equation:

CO_2 + water + energy (light) =

carbohydrate + oxygen

Respiration is the opposite of photosynthesis and results in the release of energy used for various functions of plant growth.

Carbon, as CO_2, is an essential plant nutrient and is present in the atmosphere at a concentration of 0.03%. Since plants respond to a higher concentration of CO_2, it may be profitable to increase the CO_2 content of the greenhouse air. Levels of 1000–1500 ppm, or 0.1–0.15%, of CO_2 are commonly used in greenhouses and are not harmful to humans. Increasing the CO_2 to these levels has resulted in greatly increased growth, earlier maturity, and higher yields. Lettuce can be produced in 20% less time, and tomato yields can be increased by more than 50%. For best results increase the levels of other plant nutrients when CO_2 levels are raised.

Higher levels of CO_2 are effective only during the light period, when greenhouse vents are not open. The additional CO_2 may be supplied by propane or natural gas burners, injection of CO_2 gas, or dry ice. Home greenhouse operators can burn alcohol in a kerosene lamp. The CO_2 level can be measured with commercially obtainable kits.

Light is the source of energy for photosynthesis and carbon fixation. It therefore regulates the rate of vegetative and reproductive growth in the plant. The amount of lighting needed for photosynthesis and subsequent growth, 10–20 watts per area of 30 × 30 cm, is many times greater than the 1 watt needed for photoperiodism. Growth depends on the quantity and quality of light under which the plant is grown. Plants grown under full summer sunlight grow rapidly, whereas a reduced amount of natural light in winter results in a slow growth rate. Greenhouse crops are subject to light intensities as high as 130 000 lux (lx) in summer to below 3200 lx on cloudy winter days. In many cases, the light saturation point is reached at about 32 000 lx. The lux is a unit of illumination equal to the direct illumination on a surface that is everywhere one metre from a uniform point source of one metric candle (the candela). The lux is equivalent to approximately one-tenth of a foot-candle. Generally, light-intensity requirements vary from crop to crop.

The quality of light is also important. The visible spectrum, from 400 to 700 nm, is used primarily in photosynthesis. Artificial light must provide a combination of fluorescent light (rich in blue) and incandescent light (rich in red). Combined lighting is obtained by supplying about 10% of the light intensity with incandescent lamps. Some fluorescent lamps emit a spectrum similar to that required for photosynthesis. High-intensity discharge lamps, metal halide lamps, or high-pressure sodium lamps can also be used.

Lamps decline in efficiency with age and should be replaced when they begin working at a low efficiency. Reflectors can be used to increase the amount of light reaching the plants. The number of lamps of a specific wattage required to light a certain area for a precise purpose is calculated as follows:

$$\frac{\text{(growing area)} \times \text{(watts per area of 30} \times \text{30 cm)}^*}{\text{watts per individual lamp}}$$

- Light of 10 watts per area of 30 × 30 cm is required for germinating seed
- 15 watts are needed for low-energy plants in the 530–5300 lx range, like amaryllis, bromeliads, *Cordyline*, *Ficus*, fittonias, and *Hedera*
- 20 watts are required for high-energy plants, such as azaleas, chrysanthemums, coleus, crotons, cyclamens, hydrangeas, poinsettias, *Portulaca*, and roses

Plant nutrition

Some 16 or 17 elements are necessary for plant growth. Carbon (C), hydrogen (H), and oxygen (O), are fundamental components of the plants and are supplied by air and water. Nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) are used in relatively large amounts and are the main ingredients of the all-purpose fertilizers used to maintain nutrient levels in soil.

Commercial fertilizers

A formula showing the NPK rating appears on every bag, for example, 5-10-5. These figures represent the percentage of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) in the nutrient mixture. The fertilizers with a higher NPK rating are more concentrated and usually more expensive.

A zero in the formula means that the particular element is missing; for example, an NPK rating of 0-0-20 indicates that the mix does not contain nitrogen and phosphorus but does contain potassium at 20%. The standard practice is to dissolve high-analysis fertilizers in water to make a concentrated solution, which can be diluted as required using an injector in the water line, or it can simply be diluted in a watering can before use. The most common fertilizer grade used in greenhouses is 20-20-20, with essential micronutrients added.

As the plants grow, the levels of nitrogen and potassium in the root media change and adjustments may become necessary.

These all-purpose fertilizers are generally made from inorganic chemical compounds, such as ammonium sulfate or ammonium nitrate for nitrogen, superphosphate for phosphorus, and sulfate or chloride of potassium for potassium. Nutrients may be supplied also from organic sources such as bone meal, which contains 3–5% N and 20–35% P. Nutrients from organic sources are released relatively slowly and thus overfertilization with them may be less likely to damage the plants.

Slow-release inorganic fertilizers are usually made by combining nutrients with chemicals that retard their breakdown or by coating particles of fertilizer with plastic substances through which the nutrients slowly leach out.

Trace elements, although usually present in soil, may not be available to plants because of alkalinity. Iron (Fe) deficiency, for example, results in chlorosis or yellowing of the foliage. Minor elements can be bought to add to any fertilizer used. Minor elements are of particular importance if soilless growing media are used.

Osmocote®, available in a wide variety of formulas, is a soluble fertilizer encased in a polymer resin coating that acts as a semipermeable membrane. The rate of release is somewhat temperature-dependent; the rate of release increases in warm soils and decreases in cold soils. Urea formaldehyde, a synthetic organic nitrogen fertilizer, also acts slowly, and the release of nitrogen to the plants depends on soil microorganism activity.

The chelates are made by encircling the desired micronutrients such as iron, manganese, zinc, and copper with organic chemical compounds. The chelated forms of these elements are the most commonly used in greenhouses.

Excessive use of fertilizer may cause chemical salts to accumulate in the soil. Salts cause damage to roots as well as to the leaf tips and margins. The first symptoms of this disorder are usually slow growth and the yellowing and wilting of leaves. Excess salt can be removed by flushing the soil thoroughly with clean water two or three times. Fertilize moderately after this treatment to replace the lost nutrients.

Foliar feeding is the spraying of soluble nutrients on leaves. Although not a substitute for feeding through soil or media, this method may be useful in certain instances when the plant is damaged or under stress, or when it lacks minor elements. Plants with poor or diseased root systems can benefit from foliar feeding.

Feeding programs

The ideal nutritional program should provide all essential elements continuously. However, some may be applied to the growing media before planting.

Most growing media have a high acidity, with correspondingly low pH values, because they contain a large proportion of peat. Finely ground limestone (2–10 kg/m^3) provides enough calcium and magnesium to raise the pH value of the soil adequately. Phosphorus can be added at 1 kg/m^3 of soil. These additions are sufficient to provide the required amounts of calcium, magnesium, phosphorus, and sulfur.

Nitrogen and potassium are easily soluble and need to be applied periodically, except when slow-release fertilizers are used.

Two programs are commonly used. In the first, nitrogen and potassium are applied at a low level (200 ppm) each time the plants are watered. In the second, fertilizer is applied weekly. Here the concentrations range from 200–400 ppm for bedding plants to 720–750 ppm for heavy feeders such as chrysanthemums and poinsettias.

In the greenhouse, growing conditions are variable and the best way to establish a good feeding program is to experiment within the guidelines and maintain records of results.

Soil tests

Soil testing gives an estimate of the nutritional level of the soil. Operators of home greenhouses can buy soil-test kits that use colorimetric comparisons to indicate the levels of nutrients, as well as soil acidity.

More elaborate and precise soil testing is done by some provincial and university laboratories. The sample taken must be representative of the soil to be tested. Mail the soil sample to the laboratory without delay; if too wet it can be air-dried before shipping.

The laboratories provide the gardener with an interpretation of the results. However, the grower's experience is essential in translating the results into an effective program for adjusting the levels of nutrients. Best results are obtained from monthly soil sampling to determine trends in nutrient levels and minimize sampling errors.

pH

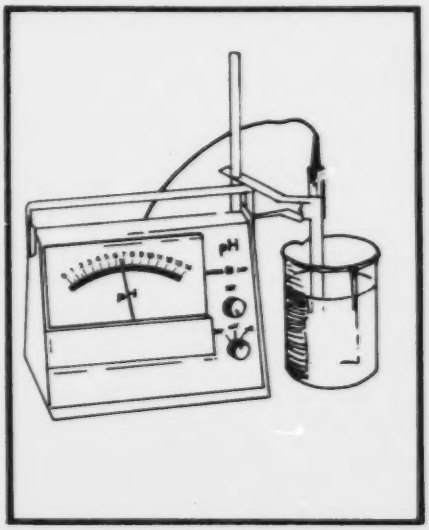
The pH value of the soil is a very important factor in plant growth and nutrition. Acidity and alkalinity are measured on the pH scale from 0 (pure acid) to 14 (pure alkali) (Fig. 38). From the neutral point, at pH 7, the numbers increase or decrease in geometric progression; for example, soil at pH 5 is 10 times more acid than soil at pH 6. Slightly acid soil (pH 6.5) is preferable for most plants. Exceptions are azaleas, which require a soil pH of 4–4.5 for good growth. The pH level of the soil controls to some extent the availability of all essential plant nutrients. Nutrients are most readily available when the pH value is 6.2–6.8. Values much lower or higher, depending on the species, may be detrimental to growth.

The pH value of soil is increased by the addition of finely ground limestone. To decrease the pH and increase acidity, add elemental sulfur or peat moss. Peat moss works more gradually than sulfur and improves the soil tilth at the same time. To test the soil pH, use a paper tape such as Hydrion®. First, mix one part soil with two parts of tap water. Then immerse the tape in the solution for 30 seconds and compare it with a color scale. Use tweezers instead of fingers, to prevent a false reading caused by contaminants on your fingertips.

Nutrient deficiencies

Foliar analysis is used to measure the quantities of elements taken up by the

Fig. 38. Acidity and alkalinity are measured on the pH scale from 0 to 14. Slightly acid soil, pH 6.5, is preferable for most plants.



plant. Much work has been done to determine the optimum levels of nutrients in the leaves. Standards exist for many crops. Generally, the testing laboratory reports the results in a numerical way, indicating nutrient levels from deficient to very high.

The nutrient deficiency in plants can also be estimated with experience by visual observations, and in many cases such a diagnosis is very successful.

Nutrient deficiencies and imbalances, whatever their causes, are corrected by application of the deficient element or elements. It is safe to apply a mixture of micronutrients when symptoms of a single micronutrient deficiency appear, provided the mixture has not been already applied. However, care is needed because micronutrient excesses are difficult to correct. Phosphorus can be added as part of a complete fertilizer (N-P-K) or as diammonium phosphate. To add calcium, use calcium nitrate; magnesium, magnesium sulfate; sulfur, magnesium sulfate or ammonium or potassium sulfate; iron, iron chelate or ferrous sulfate as a foliar spray; manganese, manganese sulfate; zinc, zinc sulfate or zinc chelate; copper, copper sulfate or copper chelate; boron, borax; and molybdenum, sodium or ammonium molybdate. Textbooks and other sources should be consulted regarding the concentrations to be used.

The dominant effect of deficiency of all the essential elements is reduced growth. Deficiency symptoms are easier to compare when the plants are observed during growth. Proficiency in diagnosing deficiencies is gained with experience only.

Growth regulators

Growth retardants and promoters are important tools in the production of greenhouse flowers. They influence root formation, flower induction, and vegetative growth. Chemicals such as B-9®, Cycocel®, and A-Rest® regulate the growth (height) of flower crops and are most commonly used. Growth promoters, like indolebutyric acid, are used to promote the rooting of cuttings.

There are several factors to consider for the successful use of growth regulators:

- Plant vigor—a healthy plant tolerates the use of chemicals better than a weak plant.
- Growth habit—the variety determines the dosage; a weak-growing variety requires less than a strong-growing variety.
- Light—plants grown under low light intensity may require less growth retardant than those under high light intensity and should not be treated during the high heat period of the day.

Growth regulators are generally more effective on younger plants. Be sure to use the correct concentration of the chemical; follow the directions on the label and measure carefully.

Growth retardants may be applied as a soil drench. Here the roots must be well developed before application (a good root system is critical for use of A-Rest® on Easter lilies). Use enough to wet the entire root mass. A pot size of 10 cm requires 90 mL of drench; 15 cm needs 180 mL; 20 cm, 240 mL; and 25 cm, 300 mL.

Spray applications are easier, but the foliage must be uniformly covered. Leaves should be turgid to prevent damage and should be kept dry for 12–24 hours after spraying to prevent the chemicals from washing off. Use a separate sprayer and clean it thoroughly after each application to prevent unnecessary damage from residues.

A single application is the most economical but is prone to mistakes; a split application using one-half of the suggested concentration 1–2 weeks apart reduces the chances of damage to the plants.

B-9® can be used to control height of bedding plants, chrysanthemums, hydrangeas, and poinsettias. A-Rest® can be used as a soil drench to control height of chrysanthemums, lilies, and poinsettias. Cycocel® applied as a spray or drench can control the height of poinsettias.

Gibberellins have been featured as plant growth regulators in advertisements describing gigantic cabbages. The main use of gibberellins, however, is in regulation of flowering; for example, they enhance formation of male flowers in cucumbers, which is useful in plant breeding. Gibberellins can also be used to stimulate berry enlargement in seedless grapes in greenhouses and to break the rest period of potatoes.

Ethylene is a gaseous plant hormone active at virtually all stages of plant development, from seed germination to plant senescence. Flowering of some ornamental bromeliads is promoted by ethylene. In cucumber production, increased femaleness can result in an earlier and increased yield. The role of ethylene in accelerating ripening or senescence of fruits, vegetables, and flowers has been recognized for many years: ripening of tomatoes is promoted by ethylene. On the other hand, ethylene may cause abrasion of leaves and flowers and the premature aging of flowers, as occurs in carnations.

Gardeners with home greenhouses can experiment with several natural or synthetic regulators of plant growth. However, one has to be familiar with these chemicals to obtain the desired results, and the recommendations must be followed to the letter.

Containers

Pots manufactured from clay, plastic, compressed paper, or peat are the most commonly used containers in hobby greenhouses. The standard greenhouse flowerpot is as high as it is wide. The so-called bulb pans are half as high as they are wide.

Clay pots have been used for many years. They are porous and permit the exchange of air and moisture through the walls. They are quite heavy and are becoming rather expensive and difficult to obtain. Algae growth on the outside of clay pots is a problem and they must be cleaned from time to time.

Plastic pots are light and nonporous and do not support growth of algae. Because the exchange of air and water is not possible through the walls, the soil does not dry out as rapidly as it does in clay pots. Therefore take care not to overwater the plants, and use a more porous soil mix than you would in clay pots. Plastic pots with side drainage are commonly used with the capillary-mat watering system, where single-hole drainage pots do not work well.

Pots made from compressed paper are used only once and discarded. Plants to be sold are less acceptable in these pots because the containers tend to break.

Peat pots are used only for plants intended for transplanting; the whole system, both plant and pot, are transplanted

A key to symptoms of mineral deficiency

Symptoms		Element deficient
A.	Older or lower leaves of plant mostly affected; effects localized or generalized.	
B.	Effects mostly generalized over whole plant; lower leaves more or less dryed or fired.	
C.	Plant light green; lower leaves yellow, drying to light brown; stalks short and slender when element becomes deficient in later stages of growth	**nitrogen**
CC.	Plant dark green, often developing red and purple colors; lower leaves sometimes yellow, drying to greenish brown or black; stalks short and slender when element becomes deficient in later stages of growth	**phosphorus**
BB.	Effects mostly localized; lower leaves mottled or chlorotic, with or without spots of dead tissue, showing little or no evidence of drying up.	
C.	Leaves mottled or chlorotic, typically reddened, sometimes with dead spots; tips and margins turned or cupped upward; stalks slender	**magnesium**
CC.	Leaves mottled or chlorotic, with large or small spots of dead tissue.	
D.	Spots of dead tissue small, usually at tips and between veins, more marked at margins of leaves; stalks slender	**potassium**
DD.	Spots generalized, rapidly enlarging, generally involving areas between veins, and eventually involving secondary and even primary veins; leaves thick; stalks with shortened internodes	**zinc**
AA.	Newer or bud leaves affected; symptoms localized.	
B.	Terminal bud dying, after the appearance of distortions at tips or bases of young leaves.	
C.	Young leaves of terminal bud at first typically hooked, finally dying back at tips and margins, so that later growth is characterized by a cut-out appearance at these points; stalk finally dying at terminal bud	**calcium**
CC.	Young leaves of terminal bud becoming light green at bases, with final breakdown here; in later growth, leaves becoming twisted and stalk finally dying back at terminal bud	**boron**
BB.	Terminal bud commonly remaining alive; younger or bud leaves wilting or chlorotic, with or without spots of dead tissue, and with veins light or dark green.	
C.	Young leaves permanently wilted (wither-tip effect), without spotting or marked chlorosis; twig or stalk just below tip and seedhead often unable to stand erect in later stages when shortage is acute	**copper**
CC.	Young leaves not wilted; chlorosis present, with or without spots of dead tissue scattered over the leaf.	
D.	Spots of dead tissue scattered over the leaf; smallest veins tending to remain green, producing a checkered or reticulating effect	**manganese**
DD.	Dead spots not commonly present; chlorosis sometimes involving veins, making them light or dark green in color.	
E.	Young leaves with veins and with tissue between veins light green in color	**sulfur**
EE.	Young leaves chlorotic, with principal veins typically green; stalks short and slender	**iodine**

Source: *Diagnostic Techniques for Soil and Crops*, American Potash Institute.

into soil. Peat pots are fragile and difficult to handle individually; they should be placed in racks or flats. Roots usually grow through the walls of the pot, but in most cases, it is advisable to tear the pot before transplanting.

Less labor is required when the plant or seed is placed initially in the pot where it will grow to maturity, but this method uses more space and care must be taken when establishing small plants in a large volume of soil. In packs or flats the trend has moved from wooden flats to plastic ones, in particular the so-called Cell-Pak. Cell-Paks are small plastic-molded containers with 4–12 cells per pack and with 2–12 packs in each flat of 52 cm. The packs are made in several sizes and in multiples to fit flats made for this purpose; they are lightly joined and easily separated.

Plastic flats are made by several manufacturers. The flats made of 50-gauge plastic are stronger and may be reused after dipping in a sterilizing solution. Some of the containers commercially available today are shown in Fig. 39.

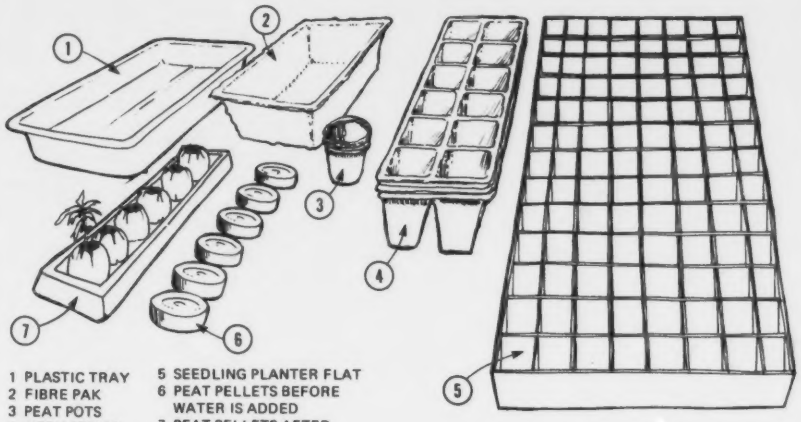


Fig. 39. Many kinds of containers are commercially available.

Plant propagation

Plants in the hobby greenhouse are usually started sexually or vegetatively. Sexual propagation is done from seeds. Vegetative propagation is accomplished by taking cuttings from the tips, stems, or leaves or by taking root sections, then applying methods such as air or ground layering or grafting. Propagation by tissue culture is a specialized procedure, and the amateur gardener should assemble reliable information and adequate equipment before attempting it.

Seeds

The storage life of seeds varies with the species and the conditions under which they are stored. Under normal storage conditions, for example, cyclamen will not germinate after 2 years; chrysanthemum, 3 years; onion, 4 years; and spinach, 7 years.

Buying fresh seeds from a reputable firm and sowing in the recommended season is the best way to achieve success. Sow the seeds as thinly and evenly as possible in 12.5-cm pots, seed pans, or plastic seed trays. For seeds that take a long time to germinate, incorporate a seed-protectant fungicide in the mix to prevent their rotting. After sowing, cover the seeds with a layer of seeding mix, ideally as deep as the seeds are thick. Place the pots in a tray of water or spray the potting medium with a fine mist until moist; then label the pots and cover them with glass or plastic (Fig. 40).

Unless directions specify otherwise, seeds of most greenhouse plants germinate well at 18°C. Plants requiring a warm greenhouse may need a temperature of 18–24°C to germinate.

When the first two to four seed leaves have appeared on each seedling (Fig. 41), transplant the new plants individually to flats or pots filled with potting mix. As a preventive against damping-off disease, drench the soil with a fungicide recommended for this purpose. After transplanting, move the plants to a well-lighted greenhouse but protect them against direct sunlight for a few days.

Seeds of several species are difficult to germinate because they are dormant. Dormancy, in very general terms, may be caused by an impermeable seed coat, chemical inhibitors in the seed coat, or internal factors such as a rudimentary embryo.

Seeds with hard coats germinate if their coats are scratched or broken; this process is called scarification. Large seeds can be scarified by filing or cutting a nick through their seed coats, rolling them in sharp sand or abrasives, or rubbing them between layers of sand paper.

Commercial operators sometimes soak hard-coated seeds in concentrated sulfuric acid. This process is not for home gardners. Hot water immersion (77–100°C) is another, more acceptable method.

Seeds that need after-ripening germinate best after moist chilling (stratification). Soak the seeds in water for 24 hours, drain them, then place them in a mix of one part sand to one part sphagnum peat. Use about three times as much mix as there is seed and keep it moist during the chilling period. Place the mix containing the seeds in a polyethylene bag or container that permits aeration and store it at 2°C for 1–4 months, depending on the species. Remove the seeds and sow them at a cool temperature of about 18°C.

If you like to experiment, try a chemical treatment instead of chilling. Seeds can be soaked for 24 hours in a solution containing 5 ppm of 0.5% potassium gibberellate. If the dormancy is not broken by this method, increase the strength of the chemical. Seeds can be also treated with ethephon (Florel®) in 300 ppm solution for 5 minutes. Potassium nitrate in a 0.2% solution may speed germination if the seed is placed on blotter paper in a small dish and moistened with water as needed.

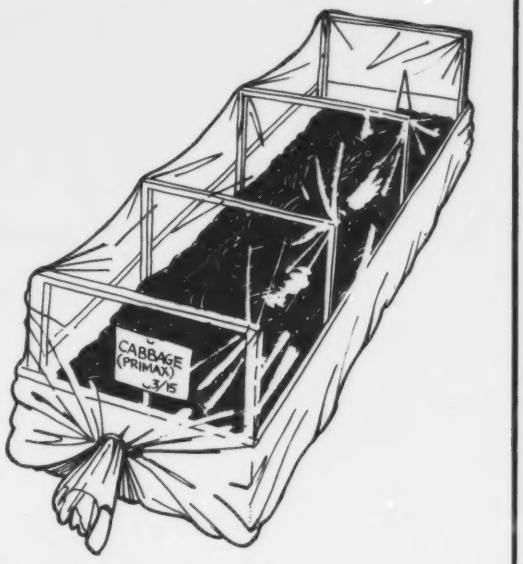


Fig. 40. Propagating plants by seed.

Fig. 41. Seedlings can be transplanted after they develop two to four seed leaves.

Orchid seeds are very small; the plants are also difficult to propagate and grow rather slowly for flowering. Extract the seeds from the pod and soak them in calcium hypochlorite solution for 5–10 minutes, until they sink. Rinse the treated seeds in pure water and pour them onto a nutrient medium in a flask or test tube. The seeds take several weeks to germinate, 6 months before the plants can be transplanted into larger flasks, and a year before transplanting into pots. The culture medium is best bought from a scientific supply house.

Ferns are best propagated from spores, which are much like the seeds of other plants. Sow the spores over a pasteurized mix of two parts peat to one part vermiculite, cover the container with glass, and keep it at a root temperature of 21°C and an air temperature of 18–24°C. Spores germinate and produce prothallia, which must be transplanted and spaced out. When the prothallia produce sporophytes, they should be transplanted again and in 3–6 months young mature plants may be obtained.

Vegetative propagation

There are several ways to grow new greenhouse plants from existing ones. Some plants respond better than others. The easiest techniques are to propagate from cuttings of the stem or leaf, from division of parent plants, and from grafting. Unless there are specific reasons, only healthy plants should be propagated.

Use of stem cuttings is the most popular method for propagation. With a sharp knife, cut off healthy shoots without flowers or flower buds at a few centimetres just below a leaf joint (Fig. 42). For better results dip the base of the cuttings in a hormone-containing rooting powder. Place the cuttings gently into the rooting mix to just below the lowest leaf. Because the normal growth factors have been interrupted, the cuttings must receive the best growing conditions possible.

When a leaf, bud, stem, or root is cut, excessive water loss must be prevented. The best way to minimize water loss is to water the cutting well and place it under an intermittent mist to provide adequate humidity. Additional watering may be needed, but take care to avoid overwatering.

Maintain the temperature of the rooting media at 18–29°C, depending on the species. An electrical heating cable, properly installed, is helpful.

Energy for the growth of new roots comes from photosynthesis. Therefore, leave an adequate leaf surface on the cuttings to ensure survival.

Because most rooting mixes contain little or no plant nutrients, fertilize the cuttings as soon as the first roots appear. Osmocote®, at 15 mL for each 30 × 30 cm area, may be used.

Foliar feeding, using RaPidGro® (23-19-7) for instance, may also be beneficial. The stock plants themselves should be fertilized before taking cuttings. A better cutting is obtained from a well-maintained stock plant than from a poor one.

Ficus, lilac, and rose can be propagated from hardwood cuttings taken in late fall. Junipers, yews, and arborvitae also root readily. Spruces, pines, and firs are best propagated from seeds or grafting (especially blue spruce).

Begonias, African violets, and peperomias can be propagated from leaf cuttings. The large vein on the underside of the leaf is cut and dusted with rooting hormone, and the leaf is pinned on the rooting medium (cut veins down) and misted frequently. Alternatively, a closed propagation case can be used.

Rex begonias and *Euphorbia* can be propagated by petiole leaf cuttings using hormones and mist.

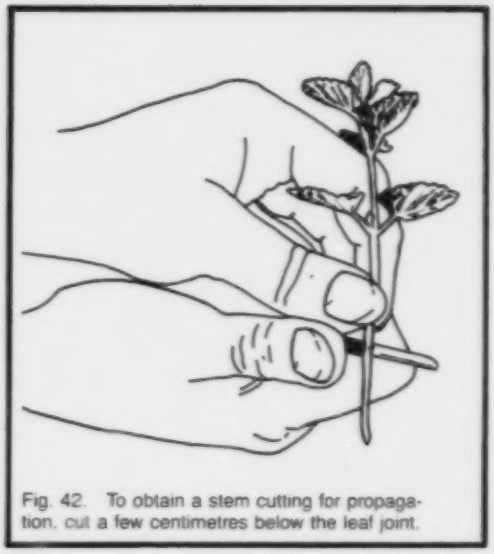


Fig. 42. To obtain a stem cutting for propagation, cut a few centimetres below the leaf joint.

Girdle the stem for about 2.5 cm.

Place a ball of slightly damp sphagnum moss around the girdled section.

Wrap the moss with polyethylene film and tie it at each end.

Fig. 43. Air layering is not as hard as it looks.

Leaf bud cuttings, consisting of the leaf blade, petiole, and axillary bud, can be used to propagate rhododendrons, jade plants, and lemons. Use a hormone dip and keep the bottom of the rooting mix at 23–27°C.

Root cuttings are best taken from young plants in the dormant stage or during the dormant season. If the plant normally flowers in the fall, take the cuttings in the spring; if the plant flowers in the spring, take the cuttings in summer, after bloom. Roots have polarity and must be orientated when planted.

Ground layering is done by burying 1-year-old stems that are 15–30 cm long. Treat the wounded stem with rooting powder before layering.

Air-layering is best done by selecting an area of last year's growth on an actively growing branch. Cut the bark of the stem 15–30 cm back of the tip and the area treated with rooting hormone. Place moist sphagnum peat around the cut area, cover it with polyethylene film, and tie both ends down around the branch (Fig. 43). Grafting is defined as joining parts of two plants to make a single plant. Grafting is most frequently used on woody plants. However, grafting of cacti is also common. Those plants that cannot be propagated well from seeds, like blue spruce, must be grafted.

The plant part to be grafted is called a scion; the plant that receives the scion is called the stock. To obtain a successful graft, the cambium layer, which is the actively growing tissue in woody plants, of the scion must be held in close contact with that of the stock so that they can grow together. Careful matching of the cambium layers is therefore essential.

Veneer grafts are used for spruce, juniper, and pine species; whip or tongue grafts and side grafts are suitable for deciduous trees like mountain ash, lilac, and poplar; T-bud grafts are used for peach, apple, and rose species; cleft grafting is used for apples; and bridge grafting is used to repair injured tree trunks. T-budding is the most important method of grafting for home greenhouse operators. Use a sharp knife and sterilize it after each cut. Take the scion from vigorously growing plants and likewise ensure that the stock plant is healthy. Although grafting appears to be a drastic procedure, it is really fairly simple and a home gardener can use it conveniently to obtain unusual plant displays, with cacti for instance.

Tissue culture

The aseptic culture of plant cells and organs is a procedure used in research and on a commercial scale. Commercial tissue-culturing increases the efficiency with which marketable, immediately usable, high-quality plants can be produced. Under suitable conditions, new plants can be reproduced from small pieces of plant tissue, even from a single cell. The cloned plants that result, evolving from the same plant, have exactly the same characteristics as the parent. Virtually all marketable orchids are commercially clonable through tissue culture. Many laboratories can now propagate some 300 different crop plants by these methods.

Propagation by tissue culture requires specialized equipment and facilities and knowledge of plant physiological processes. The home-greenhouse operator may find the study of this procedure an interesting hobby.

Vegetables

Many vegetable crops can be grown in a small home greenhouse as a satisfying hobby. Vegetables can be harvested at their peak of maturity and freshness. Also, the varieties not commonly obtainable in markets can be grown. We describe only a few of these vegetables here, without any attempt to recommend specific varieties. The description of varieties is best left for the catalogs of reputable seed houses. Interplanting of vegetables such as lettuce

and radishes with tomatoes and cucumbers may be a good way to utilize the greenhouse space.

Tomatoes, cucumbers, and lettuce

Three systems can be used for producing tomato or cucumber transplants. One is to broadcast seed in flats containing a soilless mix. When the seedlings reach the cotyledon stage, they can be transplanted at wider spacing into other containers. Another is to seed directly into the growing flats or containers. When peat pots are used, the transplanting is done by placing the pot directly into the bed. The third system is to seed directly into peat pellets or similar blocks. To transplant, the peat pellet is placed into the growing bed. For best results sow at least two seeds per pellet and, later, discard the weakest seedlings.

Provide sufficient lighting, at least 10 800 lx at the plant level, to ensure good seedling growth.

Better plants are usually grown when the night temperature is 5°C lower than the day temperature. The best temperatures for warm-season crops such as tomato and cucumber are 15°C at night and 24°C during the day. During cloudy weather the greenhouse temperature should be lowered by about 5°C during the day. Temperatures lower than recommended slow down growth, and higher ones result in soft, "leggy" plants.

To achieve optimum growth in tomato plants, subject them to cool temperatures, between 11 and 13°C, for 10 days to 3 weeks just after the seed leaves unfold until the two-leaf stage develops.

Tomatoes can be planted in a greenhouse bench in rows 44–48 cm apart, with a spacing of 30–32 cm between plants. European cucumbers require a minimum width of 150 cm between rows and plants must be spaced 40 cm apart within the rows.

When transplanting tomato seedlings, place some of the stem below the soil surface (Fig. 44); the cotyledons (seed leaves) should also be buried. Spindly plants can be planted at an angle in the soil.

Remove the suckers from tomato plants when they are about 2–3 cm long. As the plant matures and the fruit is harvested from the lower trusses, remove also the lower leaves that have yellowed and died. In cucumber, thin the multiple fruits that form in one axil to one.

Enrichment of the greenhouse air with CO_2 improves productivity considerably: 20–30% is adequate for tomato and lettuce and 40% for cucumber. Vegetable seedlings and bedding plants grow much more sturdily in an enriched atmosphere. Generally three to five times the normal level of 300 ppm of CO_2 is best. For a small greenhouse, with an area of 2.5 × 3.6 m for example, burning 70–80 mL of ethyl or methyl alcohol in a kerosene lamp produces 2000 ppm of CO_2 over a 24-hour period.

Tomatoes and cucumbers must be grown along twine hung on a support above. Secure the plant to the twine every 30 cm or so with clips, to give support to the fruit as it matures. Tomatoes grown in greenhouses need to be pollinated by hand. Vibrate the flower clusters at least every second day to ensure pollination. When young plants produce their first trusses, they should be pollinated every day.

European-type seedless cucumbers do not need pollination and, if pollinated, develop seeds and a bitter taste. Other cucumber varieties do require hand pollination (Fig. 45). Generally, greenhouse-type varieties are better adapted to yield under controlled environmental conditions.

Predetermined planting schedules establish the expected times for seeding, transplanting, and harvesting. Some schedules for tomatoes and cucumbers with lettuce interplanted are described below. Several other short-season crops can be substituted for lettuce, such as radishes, beets, and many of the common herbs.

A late-spring tomato crop can be combined with a fall lettuce crop by seeding tomato in late December, transplanting by the middle of February, and harvesting from May to July. In this scheme the fall lettuce is seeded in mid August, transplanted into greenhouse beds by 10 September, and harvested in the second week of October. A second crop of lettuce is seeded in late September, transplanted into beds during the second half of October, and harvested in mid December.

Alternatively, lettuce and tomato are seeded at the end of December and transplanted in the first half of February. Lettuce is then harvested from mid March, and

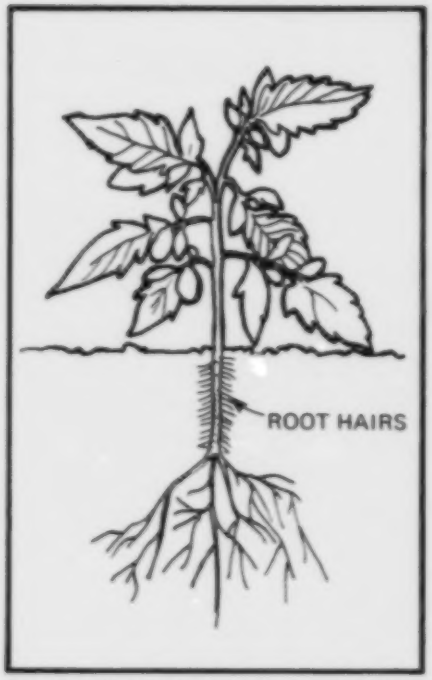


Fig. 44. When transplanting tomato seedlings, place part of the stem beneath the soil.

tomatoes starting in mid April. The lettuce can be seeded again in mid May. Tomatoes, for fall harvest, can be reseeded in early June. The second crop of lettuce is ready for harvest by the end of June. By mid July, the tomato plants for the fall crop and the lettuce should be transplanted. The final lettuce harvest then falls in the second part of August, with the last tomato harvest beginning in mid September.

Cucumbers and lettuce can be interplanted to yield three crops a year. Cucumbers and lettuce are first sown early in January and transplanted by mid February; the first lettuce is harvested beginning in March, and cucumber by the end of March and in April. The second crop is seeded in early May and transplanted into the beds by 10 June; lettuce can be harvested by 1 July and the cucumber harvest begins by the middle of the same month. For the third crop the seeds are sown early in August, transplanted into beds during the first part of September, and harvested from the middle of October.

Cucumbers and lettuce can also be sown at the end of December and transplanted by mid February, for a lettuce harvest in March and for a cucumber harvest

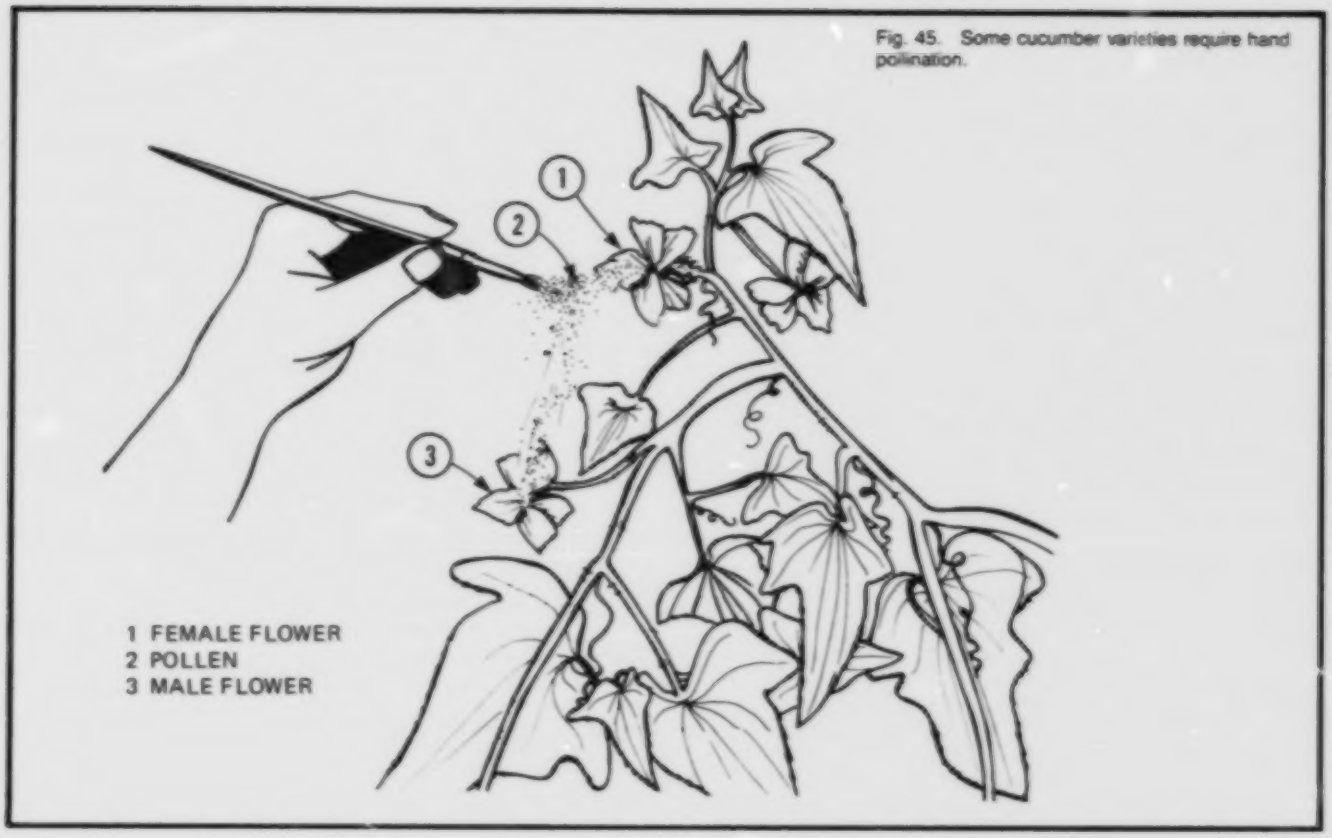


Fig. 45. Some cucumber varieties require hand pollination.

beginning at the same time. For the fall crop the seeds can be sown in the second part of June and transplanted by the end of July, for a lettuce harvest by mid September and a tomato harvest in October.

If possible, subject the tomato plants to a cold treatment, by keeping them at 11–12°C for 10 days to 3 weeks, the time required for the plants to develop from seed leaves to the two-leaf stage. Treated plants should give higher early and total yields.

Carrots

Carrots mature in a relatively short time (60–85 days) and successive plantings can generally be made. Because the soil in a greenhouse bench is of limited depth, grow only those varieties with short roots. Sow carrots less than 1 cm deep in rows. Keep the soil fairly moist until the seedlings emerge. Thin them to 2.5 cm apart and later to 5–7.5 cm. Carrot plantings should be made at intervals of about 3 weeks.

Kale and collards

These vegetables are related to the cabbage family. They can be cooked or used as salad greens. Kale grows about 60 cm high and matures in 2 months; collard grows to 90 cm and matures in 2.5 months. Both require fertile soil with a pH value near neutral. The plants grow fairly high and have heavy leaves, so they should be placed about 50–60 cm apart. The plants can be harvested whole or the leaves can be taken progressively from the bottom.

Radishes

Sow radishes every 10 days to ensure a continuous supply. They do not grow well at temperatures above 27°C. Sow the seeds directly into the soil on a bench, spacing them about 1–2 cm apart in a furrow 1.5 cm deep. Overcrowded plants develop poorly; therefore, thin them to 2.5–5.0 cm apart. Radishes require moist soil. Depending on the variety, radishes mature in about 20–30 days.

Beets

Both the above- and below-ground parts of beets can be eaten. Easy to grow, beets do best in soil that is not acid, at pH 6.0–7.5. Sow beets in rows about 30 cm apart and thin the seedlings to a distance of 5–7.5 cm. Beet roots mature in 55–70 days but the young, tender leaves may be harvested much earlier and used for salads. The root is best when about 5 cm in diameter; larger roots become fibrous.

Herbs

A hobby greenhouse can also be used to grow a pot or two of herbs, which are indispensable in the kitchen and rather easy to grow during the winter. Generally, herbs require light, freely draining potting soil, watered as needed. Only a few of the many usable herbs are mentioned here.

- Basil (*Ocimum basilicum*) is a tender annual usually sown in a greenhouse in early spring and transplanted into the garden. Alternatively, it can be sown outside and transplanted into pots in a greenhouse.
- Chives (*Allium schoenoprasum*) have leaves with a mild onion flavor. The plant is a hardy perennial established from seeds and propagated by division of clumps.
- Dill (*Anethum graveolens*) is propagated from seeds. For best flavor, use the leaves just as the flowers open.
- Mint (*Mentha* spp.) is a perennial propagated by division of roots.
- Parsley (*Petroselinum crispum*) is a biennial plant, which can also be grown as an annual from seeds sown in mid spring for summer cutting, and in mid summer for fall and winter harvest.

Popular ornamental greenhouse plants

Greenhouse conditions can be adjusted, especially with the use of supplemental lights, to grow a large number of plant species. Only those plants that have become popular over the years and are comparatively easy to grow are described here.

Begonias

Tuberous begonias (*Begonia* × *tuberhybrida*) can be grown from tuberous roots like dahlias. The tubers are started in damp peat moss at a minimum of 16°C. The flat surface of the tuber should be on the top, level with the surface. When the shoots appear, pot each tuber in a 10-cm pot in a potting mix containing a good proportion of peat. Replant as necessary and give liquid feeding monthly. To obtain deep colors, keep the greenhouse cool in the summer. Best blooms are obtained by allowing only one shoot to develop from each tuber. When the foliage begins to yellow, gradually reduce the watering until the pots are dry. Store the dry tubers in dry sand or perlite at 4–7°C. These begonias can also be used as summer bedding plants. The winter-flowering Lorraine cultivars are grown from cuttings taken in the spring for flowering the following November, at a temperature of approximately 10°C.

The small-flowered wax begonias (*B.* × *semperflorens-cultivorum* hybrids), used as bedding plants, are grown from seeds. For maximum flowering period, seeds should be sown in early January at a temperature of 18–24°C.

Regal begonias (*Begonia* × *rex-cultorum*) (Fig. 46) are rhizomatous plants noted for their richly colored and patterned foliage. White or pink flowers in spring are also attractive. Begonias grow best at light intensities of 32 000–43 000 lx and temperatures of 18–21°C at night and 27–30°C during the day. Fibrous begonias (*B. serratipetala*) require moderate growing temperatures. Humus should be added to the general soil mix. Low-level fertilizing is required for rhizomatous begonias and moderate-level fertilizing for the fibrous begonias.

Begonias are subject to stem rot (*Pythium*), powdery mildew, gray mold (*Botrytis*), and nematodes. Fungal or bacterial leaf spots can occur as a result of poor sanitation, poor ventilation, and high humidity. Propagation is achieved by seeds or by leaf or leaf-section cuttings.

Calceolarias (*Calceolaria herbeohybrida*)

These plants produce pouch-like blooms in a wide range of colors and sizes (Fig. 47). The F_1 hybrids are particularly attractive. To grow as bedding plants, sow the seeds in March at 10–13°C. For Christmas and winter flowering sow the seeds in May or June. The seedlings can be transferred to flats. When the plants are large enough, they can be transplanted into pots of 10–15 cm. The plants can be grown through the winter at about 7°C. To prevent wilting caused by sudden temperature changes and strong sunlight, keep the plants shaded.

Cinerarias (*Senecio hybridus*)

These daisylike flowers can be grown in a cool greenhouse from December to June (Fig. 48). To grow cinerarias as a bedding plant, sow seeds in March at 10–13°C. For Christmas and winter flowering sow seeds in April or May. Most kinds of plants require 12.5–15 cm pots.

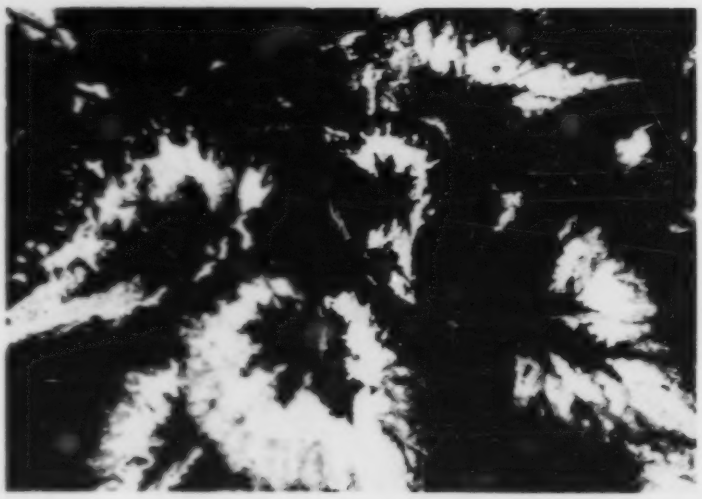


Fig. 46. These begonias are noted for their foliage.

Fig. 47. F_1 hybrids of calceolaria are attractive.

Fig. 48. Cinerarias provide color in the winter months.

Fig. 49. Remove early buds on cyclamens to conserve their energy for their main blooming period starting in December.

Cyclamens

Cyclamen persicum or *C. indicum* (Fig. 49) can be grown from seeds planted from August to November. The seeds are large and can be sown individually, covered with a layer of moist peat 1 cm deep, and kept at 18°C. The seedlings should be pricked out and planted in 5-cm pots in a good potting mix and maintained at about 16–18°C. When the plants are growing vigorously they can be transplanted to 12.5-cm pots and the temperature lowered to about 13°C. Plants grown outdoors should be brought into the greenhouse in September when the temperature drops to 10°C. Remove early buds to conserve the plants' strength for their main blooming period from December on.

Regal geraniums (*Pelargonium domesticum*)

An important greenhouse plant, Regals (Fig. 50) can be bought or propagated from cuttings from existing plants from early spring to July and August. The tips should be pinched to promote bushy growth. Geraniums need moist soil throughout their growing period. Regal geraniums need some shade when they are grown under glass, but generally they require high light conditions.

Carnations (*Dianthus caryophyllus*)

Carnations (Fig. 51) require cool temperatures, so some shading may become necessary in summer. Carnations are started from rooted stem-tip cuttings planted in the early spring. To get uniformly good cuttings you need to devote an area just for this purpose. If you cannot spare the space, purchase cuttings from a reliable source. Rooted cuttings can be moved to pots by 1 April and from there to the bench bed by 1 June. A good soil mix contains three parts soil and one part peat or well-rotted manure. After 3–4 weeks in the bench, pinch the plants to encourage branching. By late summer, when pinching is discontinued, the plant may have as many as 10 shoots. Space the carnations about 18 × 20 cm apart in the bench. For 2-year crops, replant half of the area each year.

Fig. 50. Regal geraniums are an important greenhouse plant.

Fig. 51. Carnations bloom profusely in bright, warm weather.

The carnation blooms any time of the year, but flowering is much more rapid in bright, warm weather. When pinching is discontinued on the young plants in July, flower production starts in the fall and returns again in late spring.

Maintain temperatures in the carnation house at 10°C at night, 12–13°C on cloudy days, and 15–16°C on bright days. Too-warm temperatures produce weak stems and small flowers, and too-cool temperatures delay growth. With standard cultivars, only the terminal bud is allowed to flower and side buds are removed. For spray or miniature types, all buds are allowed to develop.

Cut the flower low on the stalk, to get the longest possible stem without harming the plant and the subsequent crop.

Red spider and aphids are the most common pests of carnations. Thrips can also be a problem, particularly in early summer.

Several diseases are common in carnations. Fusarium wilt, bacterial wilt, and *Rhizoctonia* stem rot can all produce symptoms that are similar. Rust develops only on moist carnation leaves and can be prevented by keeping the leaves dry. Greasy blotch and *Alternaria* leaf spots may also affect carnations.

In a split carnation, some of the petals extend through a split in the calyx, making an unsightly flower. Various causes for the problem have been suggested, but aside from varietal differences, large deviations in temperature may be the most important factor. Never allow more than about 10°C difference in temperature between day and night.

Chrysanthemums (*Chrysanthemum morifolium*)

One of the most popular plants for pots or cut flowers, chrysanthemums have been developed as a year-round crop (Fig. 52). Chrysanthemums are grown from rooted stem-tip cuttings. Depending on the variety, cuttings can be rooted in 2–3 weeks at

Fig. 52. Chrysanthemums can be a year round crop.

15°C in a rooting medium at 21°C. The best cuttings are obtained from specialist propagators.

Chrysanthemums can be grown on a bench as single-stem plants spaced about 10 × 15 cm apart or as pinched plants spaced at 15 × 20 cm. Give chrysanthemums long days for the first few weeks, to promote growth and increase the stem length. During summer, from May to August, the days are long naturally, but during the rest of the year supplementary light must be provided. When chrysanthemums are grown to about 30 cm high and then subjected to short days, they produce flower stems about 45 cm long. Chrysanthemums respond to the photoperiod, and flowering depends on the length of day and temperature. In the absence of short days flower buds do not develop or, if they do, they will be distorted. With some varieties, too cool a temperature may prevent bud formation or promote crown bud development.

This consistent response to day length allows you to predict the flowering date from the time the plants are subjected to short days. To promote formation of flower buds, place black cloth over the plants during the long days of summer.

Pot chrysanthemums are grown as either a single-stem or pinched plant. For a single-stem plant, put five to seven cuttings around the outside of a 15-cm pot. Allow only the main flower bud on each stem to develop, and remove all others. For a pinched plant, allow each cutting to produce several flowers. Then remove the tips 3 weeks after planting, to cause the plant to branch. Spray chrysanthemums are not disbudded and all side shoots are allowed to flower.

Chrysanthemums should be grown at 15°C at night and 15–21°C during the day, depending on whether it is cloudy or sunny. During the last weeks before flowering these temperatures can be decreased in an effort to increase the size of flower. Many varieties do not flower satisfactorily when grown at temperatures below 12–13°C or when kept at high temperatures.

Propagators of cuttings list the varieties by their response group and publish schedules giving dates for planting, pinching, lighting, shading, and flowering. This information makes it easier to plan for weekly flowering. Chrysanthemums like a growing medium that is loose and porous.

Fig. 53. Hydrangeas are grown mainly for Mother's Day and Easter.

A good mixture can be made by adding one part of peat or leaf mold to three parts of loam. Many pests attack chrysanthemums, among them aphids, cyclamen mites, leafhoppers, leafminers, tarnished plant bugs, thrips, spider mites, and whiteflies. *Ascochyta* blight, *Botrytis* rot, leaf spot, powdery mildew, root rot, and rust are common diseases encountered on chrysanthemums.

The height of cut chrysanthemums can be controlled with B-9® at 2500 ppm. Spray the top third of the foliage 2 days after disbudding or 4 weeks after they were placed in the shade. For pot plants, B-9® may be used as a spray at a concentration of 2500–5000 ppm when the shoots are 2–4 cm long; this treatment can be repeated 3 weeks later. A-Rest® at 2–8 ppm can be used as a soil drench when the root system is well developed.

Hydrangeas (*Hydrangea macrophylla*)

Grown mainly for Mother's Day and Easter, the plants can be started from cuttings taken from mature plants (Fig. 53) from February to May. Softwood cuttings are rooted in sand under mist. In 4 weeks the rooted cuttings can be planted in pots of 12–15 cm in a mixture containing two parts peat and one part loam. At 4 weeks after planting, the pots can be moved outside in a shady place. The new plants must be kept watered and fertilized until late September, by which time the flower buds are formed. Keep the plants at 10°C for at least 6 weeks before forcing them into bloom. For bloom at Easter, remove the plants from storage at the end of December and keep them at 15°C. Apply fertilizer and plenty of water at this time.

The color of hydrangeas can be controlled: pink varieties retain the color only if the soil pH is nearly neutral, at pH 6.5–7.0. When the pH is 6.0 or less the flowers are blue. To produce blue flowers, supply the plants with a solution of aluminum sulfate (500 g per 20 L of water).

On hydrangeas aphids and spider mites are the main insect pests and *Botrytis* blight, powdery mildew, and root rot are the diseases encountered.

The growth retardant B-9®, at 2500–5000 ppm, can be used as a spray to control height of the plants. Apply the treatment 3 weeks after transplanting; it induces earlier flowering but may cause some marginal leaf burn.

Roses

Rosa spp. (Fig. 54) can be planted in the spring for flower production beginning in the summer and continuing until the plants are cut back the following summer. The plants are usually kept in the bench for 4 years in continuous flower production, except during the cut-back periods.

Roses can be propagated by budding or grafting or by rooted cuttings. Budding is a job for a specialist and is done mostly in locations with a favorable climate, such as California and Texas. *Rosa manetti* is usually used as the rootstock. Although budded plants can be most readily obtained in late December, they can be stored at 1–2°C until spring.

Rooting stem cuttings can be a satisfactory method for propagating roses. For rooted cuttings planted directly, place the cuttings into rooting medium about 5 weeks before the desired planting date. The cuttings should consist of a section of stem with two leaves and should be rooted in a misted bed in which the air temperature is 15°C and the rooting medium is maintained at 21°C. Perlite, coarse sand, or a mixture of perlite and sand can be used as the rooting medium.

Because roses remain in the same soil for about 4 years, the soil should be well prepared. Roses grow in a wide range of soil but do best in a rich clay loam with plenty of organic matter and with a mulch of peatmoss or manure applied on the surface. Apply fertilizer with the first thorough watering after planting; roses need a continuous supply of nitrogen in the early stages of growth to produce large, heavy stems. Add superphosphate and calcium fertilizers to the soil before planting the roses; potassium nitrate and ammonium nitrate are supplied by the regular liquid fertilizer. Apply iron if deficiency symptoms appear.

A rose should develop several heavy shoots from the base of the plant. Allow the heavy shoots to grow to the young-bud stage, and then pinch them back to a five-leaflet leaf. Pinch the weaker shoots above the five-leaflet leaf as it begins to unfold. Pinching in this way increases the heaviness of the shoots that develop.

Maintain the temperature in the rose house at 15°C at night and 17–21°C during the day, depending on sunshine. Growth and flowering are faster in warm temperatures. Rose plants need to be cut back each year. The recommendations for the pinching and development of new shoots in the cut-back plant are then the same as for a new plant.

Two types of roses are grown; the large-flowered ones are the hybrid tea roses. Side shoots do not develop readily on these roses, but if they appear they should be removed, leaving only one flower per stem. Floribunda or Sweetheart roses form side shoots that are allowed to flower as a spray.

Fig. 54. Floribunda roses are allowed to flower as a spray.

Fig. 55. Poinsettias require short days to flower.

The most persistent pests on roses are spider mites, which first occur on the underside of the lower leaves. Thrips are another pest, which can cause distortion of the flower buds, cupping of petals, and streaks on the flowers. Aphids are found occasionally on stem tips and leaves.

Powdery mildew is the most common disease in the greenhouse, but black spot and *Botrytis* rot are also encountered.

Poinsettias (*Euphorbia pulcherimma*)

These Christmas favorites (Fig. 55) are short-day plants propagated from cuttings taken in late summer. Tip cuttings about 10 cm long can be rooted in about 3 weeks at a bench temperature of 15–21°C. Poinsettias root well in either coarse sand or perlite. If the cuttings cannot be rooted under mist, keep them heavily shaded.

The rooted cuttings can be planted in pots of 5 or 7.5 cm and later replanted three or five to a pan (flat pot) or 15-cm pot. A good growing medium is three parts

Fig. 56. Dieffenbachias are grown for their distinctive foliage.

Fig. 57. Dracaenas are another large plant with attractive foliage.

soil to two parts peatmoss with some superphosphate added. Poinsettias are susceptible to diseases of the root and stem, which are promoted by overwatering. It is often better to buy rooted cuttings from a reputable dealer than to bother with propagation at home.

Poinsettias require short days to flower. Take great care not to expose the plants to light accidentally during the dark period. Poinsettia pans with three or four flowers are the most popular. The plants can be pinched to produce two or more flowers on each stem; pinch the woody tissue about 15 August, and the nonwoody tissue about 1 September. Poinsettias need a continuous supply of fertilizer. When superphosphate has been used in the potting soil, apply fertilizer such as 25-9-25 every week at a rate of 1250 g / 350–400 L of water.

Whiteflies are the most common pest on poinsettias; they should be controlled in the early stages of cultivation because insecticides used later may damage the flowers.

Root and stem rots caused by *Rhizoctonia*, *Pythium*, or *Thielaviopsis* are considered the most important diseases of poinsettias. The propagation bench, soil, pots, and other equipment need to be thoroughly sterilized. *Thielaviopsis* develops more easily at 15°C; therefore take care to avoid drops in temperature. Both *Rhizoctonia* and *Pythium* become established more easily in constantly wet soils, so control watering carefully. These two diseases can be controlled by preventive soil drenches with fungicide shortly after the plants are potted. Excessive, undesirable elongation of plants can be controlled by use of growth retardants, like B-9® at 5000–7500 ppm, sprayed onto the foliage when shoots are approximately 5 cm long; A-Rest® at 2–8 ppm, applied as a drench at pinching time to 4 weeks later, or 8–12 weeks before finishing; and Cycocel® at 1500–3000 ppm, applied as a spray or drench when shoots are 2–4 cm long (spraying twice with the lower concentration is more effective). The plants require rather heavy feeding and should be given a complete fertilizer like 7-7-7 every week or 10 days. Slightly acid media (pH 6–7) are best for poinsettias.

Dieffenbachias (*Dieffenbachia maculata* 'Baraquiniana', 'Jenmannii', and 'Memoria')

Distinguished by glossy, bright green leaves often marbled or spotted with ivory (Fig. 56), these plants require moderate light at 32 000–48 000 lx and grow well in 63–73% shade. The optimum temperature for growth is 18–21°C at night and 17–30°C during the day. Keep the plants evenly moist but not soggy wet, and fertilize them regularly. Although insects are not a serious problem, plants are subject to attack by aphids and spider mites. Crowding, high temperature, and humidity favor infection by bacterial and fungal leaf spots; poor drainage or wet soil can result in crown rot or bacterial stem rot. Propagation is achieved by air layering, root suckers, or cane sections buried in sand.

Dracaenas

Dracaena spp., sometimes known as corn plant, gold-dust dracaena, or red-margined dracaena, are shrubby or treelike plants with bold foliage (Fig. 57). *D. marginata* requires high light intensity, about 54 000 lx; other dracaenas require moder-

Fig. 58. The weeping fig has a lovely pendulous habit.

Fig. 59. The rubber plant has rugged foliage.

Fig. 60. The umbrella tree is useful as a room decoration.

ate light, about 38 000 lx. They grow best in high humidity but they tolerate dry air when the foliage is misted regularly. Keep the growing medium moist but not soggy wet and apply 20-20-20 fertilizer about once a month. This species does best in warm temperatures, namely 18–20°C at night and 27–30°C during the day, but it tolerates 16°C at night and can survive at 10°C for short periods. The main pests are mealy bugs and scale insects. Poor aeration, high temperature, and humidity favor fungal and bacterial leaf spots.

Dracaenas are fluoride-sensitive: leaf tips and edges turn brown, or brown patches appear on leaf blades. The plants are sensitive to atmospheric fluoride as well as to soil fluoride. To avoid fluoride damage, maintain the pH of the soil at 5.5–6.8, avoid superphosphate fertilizers, use water with low fluoride content, and avoid growing media containing perlite. Propagation is achieved by air layering or by rooting stem sections or cuttings.

Weeping figs (*Ficus benjamina*)

This evergreen tree or shrub has a pendulous habit that increases with maturity (Fig. 58). Leaves are slender, deep green, glistening, and slightly wavy or twisted.

Rubber plants (*Ficus elastica*)

Grown for its rugged foliage, this plant has bronze leaves that become glossy green with ivory streaks (Fig. 59). It re-

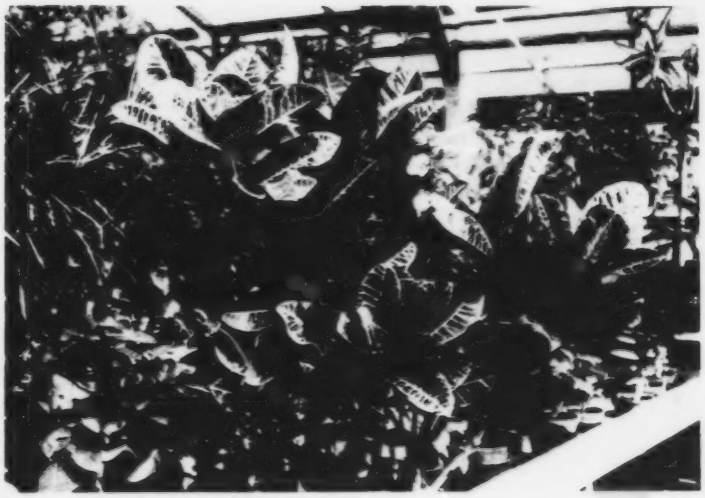


Fig. 61. Croton is an evergreen shrub.

Fig. 62. Like other philodendrons, the split-leaf type prefers indirect light.

quires average to high humidity, an optimum temperature of 18–21°C at night and 17–30°C during the day, and a high level of fertilizer. It is subject to attack from scale insects, mealy bugs, and thrips. Poor ventilation, high temperature, and humidity favor infection by *Cercospora* leaf spots.

Umbrella trees (*Schefflera, Brassaia actinophylla*)

These graceful, fast-growing plants are useful as a room decoration (Fig. 60). Leaves are long stalked, with six to eight glossy green leaflets 10–25 cm long. For optimum growth this plant requires a fairly high light intensity of up to 54 000 lx. It grows best at higher temperatures, 18–21°C at night and 27–30°C during the day. It requires average humidity but tolerates some degree of dryness. The plants should not be overfertilized. Spider mites, scale insects, and mealy bugs may become problems. In warm, moist conditions leaf spot diseases may be a problem. This plant can be propagated by cuttings, by air-layering, or from seeds.

Crotons (*Codiaeum variegatum*)

These evergreen shrubs have glossy leaves in shades of cream, yellow, and red (Fig. 61). The plants grow best at high light intensity (75 000 lx) and high temperatures (nights 18–21°C, days 27–30°C). However, crotons can tolerate night temperatures of 10–16°C. Plants should be watered heavily, allowed to dry, then watered heavily again. Crotons require a high level of fertilizing. Scale insects, mealy bugs, and mites are the common pests of crotons. Poor aeration, high humidity, and high temperature favor infection with stem and root rots. Drafts and low light intensity may cause leaves to become yellow and drop. This plant can be propagated by root cuttings.

Philodendrons

The heart-leaf type, *Philodendron scandens* subsp. *oxycardium*, is a vine with heart-shaped, glossy, leathery leaves 5–10 cm long. *Philodendron selloum*, the tree type, is self-supporting to 120 cm, with dark green, deeply cut leaves 30–45 cm long. The split-leaf philodendron, *Monstera deliciosa* (Fig. 62), is a robust tropical vine with perforated, glossy, leathery leaves 20–30 cm long.

Light conditions for these plants should be kept moderate (32 000 lx). The minimum temperature for growth is 13–16°C, but the plants grow best at higher temperatures. They are especially susceptible to mealy bug attack. Inadequate aeration and high humidity may favor infection by bacterial and fungal leaf spots as well as by bacterial leaf rot. They can be propagated by tip cuttings, root stem-joint cuttings, or air-layer tips of old plants.

Peperomias (*Peperomia caperata*)

These small, trailing succulents (Fig. 63) have attractive foliage and are mostly used in baskets. They require low to moderate light (22 000–32 000 lx) and warm temperatures (nights 18–21°C and days 27–30°C). Fertilizer requirements are very low. Poor ventilation and high humidity favor infection by stem and root rot and by *Cercospora* leaf spot. The plants can be propagated by division or cuttings.

Cacti and other succulents

Plants storing water in their tissues are called succulents. Cacti, the largest group of succulents, store water in their stems. Because of their desert origins, most cacti thrive in bright sunlight (Fig. 64). They rarely grow in regions where the rainfall is

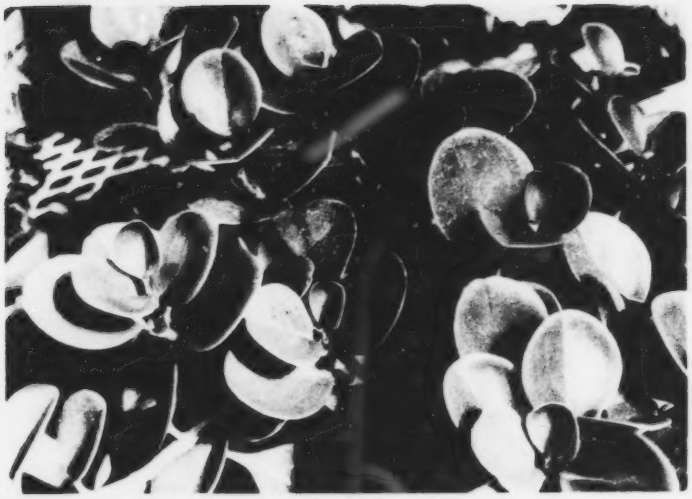


Fig. 63. Peperomias are used mostly in hanging baskets.

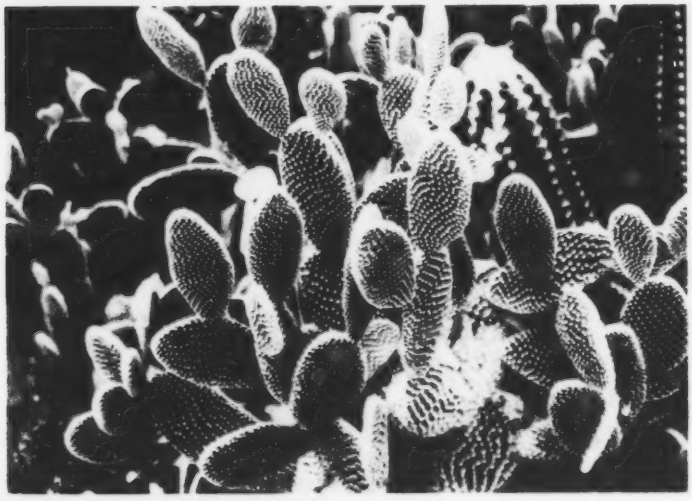


Fig. 64. Cacti thrive in bright sunlight.

more than 25 cm a year. Some cacti, however, are native to moist climates.

Cacti should be watered during the growing period whenever the soil is dry. When dormant they do not need water, or just enough to keep the soil from drying out completely. A moist, very porous potting mixture is essential for success. A good growing mixture may be composed of eight parts soil, eight parts perlite, two parts dehydrated cow manure, and one part bone meal.

Cacti and succulents require high light intensity (54 000–65 000 lx), except for Christmas, Easter, and orchid cacti, which require moderate light (22 000–43 000 lx). Temperature requirements for cacti and succulents are moderate (nights 16–18°C and days 18–24°C). Water the plants well and allow the soil's upper layer to dry out before rewatering.

Christmas, Easter, and orchid cacti require warm temperatures (nights 18–21°C, days 27–30°C) and grow best in moist soil. Keep applications of fertilizer at a moderate level. Flower buds develop in short days at reduced temperatures when the soil is allowed to dry between watering. Short days are required for flowering; 4 weeks of 8-hour days, or natural fall–winter daylength. Reduce the temperature to 10–13°C at night. Leach the soil first to reduce fertilizer levels and allow it to dry between watering. Do not use fertilizer until the buds appear. When the flower buds swell, normal watering can be resumed and the temperature increased. Apply fertilizer at half rates until the flowers open. Even when flowering cacti are grown under poor light conditions, they sometimes produce flowers.

Cacti are subject to attack by mealy bugs, spider mites, and scale insects. Inadequate sterilization of pots, soil, and benches can result in infections by *Botrytis*, *Phytophthora*, *Pythium*, and *Fusarium*.

To grow cacti from stem cuttings, remove a section of the stem, whether globular, columnar, straplike, or segmented, by cutting it straight across. Place the cuttings in a warm, dry place for about 3 days to allow the wound to dry. Once the end is dry, put the section in a pot containing potting mix or sand deep enough to keep it in an upright position. Keep the potting mix slightly moist. The stem cutting should root in 1–3 weeks. Other cacti can be propagated from offsets and offshoots.

Sometimes cacti can be propagated from seed, either home-grown or purchased. Sow the seeds on the surface and leave them uncovered. Put the pot in a plastic bag or cover it with a glass plate to keep the soil from drying out. Maintain the temperature at 21–27°C.

Cacti can also be propagated by grafting if the plants do not grow easily from seeds, cuttings, or offsets.

Ferns

The large number of ferns available for cultivation include *Adiantum*, maidenhair ferns; *Asplenium*, spleenworts; *Asplenium nidus*, bird's-nest fern; *Blechnum*, rib ferns; *Davallia*, squirrel-foot ferns; *Nephrolepis exaltata*, Boston fern; *Pellaea rotundifolia*, button fern; and *Pteris*, table ferns. Ferns (Fig. 65) require relatively low light intensity (22 000 lx). The optimum temperature for growth is 18–21°C during the night and 27–30°C during the day, but many ferns tolerate minimum temperatures of 10–16°C. Ferns do best in high humidity and moist soil with a high humus content. An exception is the holly fern, *Cyrtomium falcatum*, which requires a fairly dry soil. Some

Fig. 65. Ferns require low light for best growth.

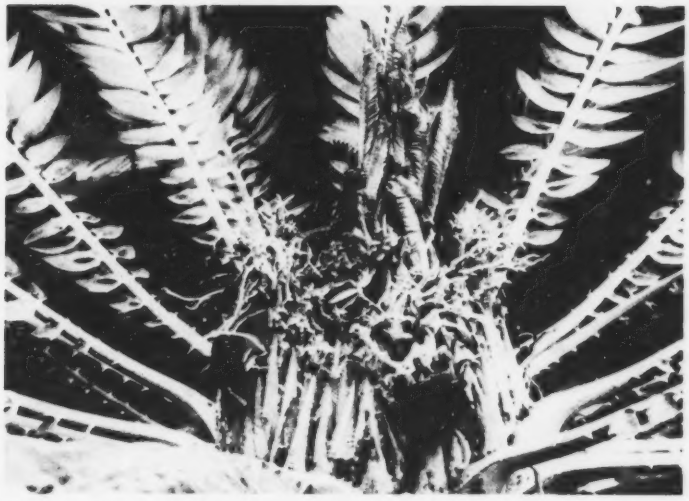


Fig. 66. *Cycas* is only one of the several palms available for cultivation.

ferns (*Adiantum*) grow best in calcium-rich soils. Use fertilizer sparingly. Ferns are subject to attack by scale insects, mealy bugs, aphids, and whiteflies. Poor sterilization of pots, soil, and benches can result in infections by *Botrytis* or *Rhizoctonia*. Leaflet tips and margins may dry and turn brown in low humidity or where the root system is damaged by either high salt content in the soil or waterlogging. Ferns can be propagated by division of old plants or by planting spores.

Palms

The many species of palms available require moderate light intensity (32 000–43 000 lx) and warm growing temperatures (nights 16–21°C and days 24–30°C). *Rhapis* and *Cycas* (Fig. 66) prefer more moderate temperatures. For *Cycas*, water heavily, allow the soil surface to dry, then water heavily again. For other palms, keep the soil uniformly moist but not soggy. Use fertilizers at a moderate level. Palms are subject to attack by spider mites. They can be propagated from seed.

Forced bulbs

For forcing (Fig. 67), choose bulbs that are intact and disease-free. They need not be top size, but the tips should not be damaged nor the outer skin torn. Avoid bulbs that look skinned. Expose the bulbs to a period at low temperature after they have been planted and then to a higher temperature as they reach the flowering period. Controlling these conditions allows a grower to determine when flowering will start.

Most bulbs can be grown in soil, compost, or peat and vermiculite. Be sure to maintain a uniform amount of moisture. Never allow the planting material to become waterlogged or to dry out. Fertilizing is not as crucial because bulbs store enough reserve to bring them to flowering. If soil is used, a mix of equal parts of loam, coarse sand, and peat gives good results. Many special mixtures also are available.

When planting, place the bulbs close to each other, but not touching, in a half-filled container. Cover the bulbs so that the tips are just at the soil surface. Plant crocus corms so that they are just covered by the soil. Label the pots and water the soil carefully. A good root system must develop before the bulbs are subjected to higher temperatures. Most bulbs need about 2 months storage, but this time varies with the kind of bulb. Put the pots in a dark storage space at a temperature of 5–10°C, or put them outdoors under sand and leaves in a trench 45–60 cm deep until needed. All pots stored above ground should be inspected for need of water.

When the bulb shoots are about 2 cm in length after a storage of 10–13 weeks or more, the forcing process can be started. Put the potted bulbs in a light, cool room at a temperature of about 10°C. Cover the emerging shoots for the first day. They will gradually turn green and grow vigorously but should not be moved to a warmer place at 15.5°C until the leaves are well developed. At this stage the pots must be watered more frequently. Afterwards, the pots should be located where they receive more light, but do not put them in direct sunlight.

- Hyacinths should be ready to move for forcing after mid January and bloom in 3 weeks.

Fig. 67. Forced bulbs make an attractive display in spring.

- Tulips can be forced after the end of January and bloom in about 4 weeks. Use any of the varieties listed in catalogs as single earlies.
- Daffodils can be forced after the end of January. Bulbs kept at a temperature of about 13°C develop long stems and long-lasting flowers.
- Paper-white narcissus do not need a low-temperature rest period and can be planted at a warm temperature. They bloom in about 6 weeks.
- Crocuses and grape hyacinths can be moved for forcing after the end of January and forced at a temperature of 10–15°C.

Bulbs that have been forced cannot be used again for this purpose but can be saved for outdoor planting. To allow the bulbs to mature, water and fertilize the plants until the foliage yellows, then allow the soil to dry out. The bulbs should be removed, cleaned, and stored in a dry, cool place until planting time. Nonhardy bulbs like *Narcissus tazetta* 'Paperwhite' do not survive cold and cannot be used for outdoor planting.

Bulb plants are subject to several diseases, but they are usually not encountered in home greenhouses.

A low level of fertilization, using soluble 20-20-20 fertilizer in a 15-cm pot, is 0.4 g; a moderate level is 0.8 g; and a high level is 1.2 g. The corresponding values for a 25-cm pot are 1.2, 2.4, and 3.6 g.

Insects and diseases

Insects

Many kinds of insects are found in greenhouses, but only a few occur in numbers great enough to cause damage to the plants. Good cultural practices, designed to discourage infestation and keep numbers of insects as low as possible, are the best control. Plants kept for long periods of time are the main source of undesirable reinfestation. Take care to remove old leaves and entire plants that are showing chronic signs of unthriftiness. Cut plants back to only a few leaves or branches after flowering and allow them to produce fresh foliage. Remove dead leaves and flowers immediately, because they can harbor both insects and disease organisms. Avoid overcrowding to ensure adequate aeration, prevent a build-up of humidity, and make plants easier to get at. Many insects and diseases thrive under conditions of low light. A few of the more troublesome insects are described below.

Whiteflies (Fig. 68) are one of the most common insects in the greenhouse. They are usually found on the undersides of the leaves where they feed through a piercing–sucking mouthpart. These insects cause a yellow stippling of the leaves and leave behind a sticky residue that must be washed off the fruits of plants such as tomatoes and cucumbers. They are particularly troublesome on chrysanthemums, fuchsias, petunias, poinsettias, salvias, tobacco, and tomatoes. Although adults can be readily killed, the eggs, pupae, and larvae are not susceptible to pesticides. Therefore repeated use of insecticides may be required for control. It is a persistent pest and has developed resistance to many chemical control agents.

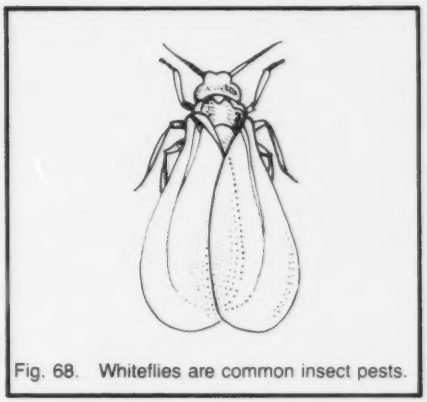


Fig. 68. Whiteflies are common insect pests.

Mites (Fig. 69) are wingless organisms related to spiders, with oval-shaped bodies and short legs. They have piercing–sucking mouthparts with which they suck sap from plant tissue. Their feeding gives leaves a dried, whitish appearance and causes new growth to be distorted. Cyclamen mites are very small, a fraction of a millimetre long when fully grown, and are difficult to see with unaided eyes. Cyclamen mites affect many species of plants, distorting leaves and flowers. Two-spotted mites have two dark spots on their bodies and are twice as large as the cyclamen mite. These mites are most prevalent on the undersides of leaves and in flowers, which eventually dessicate. Low relative humidity promotes development of this pest.

Mites also live on plant refuse and on the greenhouse framework and spread to tomatoes, lettuce, and almost all vegetables and flowers. Fumigation of the green-

Fig. 69. Mites suck sap from plant tissues.

house is probably the most effective control but must be repeated to catch the active stage of the pests.

Aphids (Fig. 70) are small insects that feed on moist greenhouse vegetables and flowers. They suck the sap of the plants, causing leaves to become distorted and leaving a sticky residue called honeydew. They may also transmit plant viruses. When the population of aphids becomes too great, chemical insecticides are needed to control them.

Fig. 70. Aphids leave a sticky residue called honeydew.

Mealybugs are small, white wax-covered insects (Fig. 71) that affect many indoor plants, leaving masses of a white cottonlike substance at leaf nodes. Mealybugs are one of the most serious greenhouse pests, damaging the plants by removing the plant sap, promoting the growth of the black, sooty mold, and leaving waxy residues. Root-feeding mealybugs live on roots and cause wilting or yellowing of plants. Systemic insecticides give the most effective control of these pests.

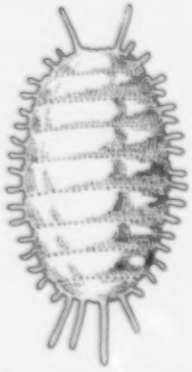


Fig. 71. Mealy bugs leave a cottonlike substance at leaf nodes.

Fungus gnats (Fig. 72) are becoming a serious problem because of the greater use of soilless mixes with a high proportion of organic matter. They feed on young roots of the plants and on the decaying organic matter. Soil drenches and granular insecticides give effective control.

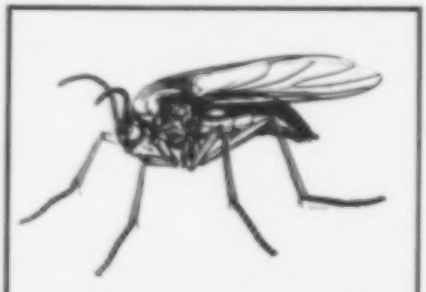


Fig. 72. Fungus gnats feed on decaying organic matter.

Scale insects (Fig. 73) are minute wingless insects, up to 3 mm in length, with piercing–sucking mouthparts and a waxy or scalelike covering over their bodies. Scales infest many ornamental plants including *Ficus*, fuchsias, ferns, palms, and ivy. Systemic insecticides usually control these pests.

Fig. 73. Scales infect many ornamentals.

Thrips (Fig. 74) are small insects, 15–30 mm long when fully developed, which feed on a broad range of plants. They are commonly found in buds, flowers, petals, and axils of leaves and between the scales of bulb plants. The insects remove the epidermal layer of a leaf or flower petal and suck the sap, leaving a streaked pattern. Thorough coverage of the plant with insecticides is required for control.

Fig. 74. Thrips leave a striped pattern.

Slugs (Fig. 75) are slimy, dark gray, soft-bodied animals that eat the foliage of most greenhouse plants. They are nocturnal and hide under cover during the day.

Snails (Fig. 76) are similar in appearance but have a shell cover. Control is obtained with baited pesticides.

Fig. 75. Slugs eat most greenhouse foliage.

Fig. 76. Except for their shells, snails are similar to slugs.

Earwigs (Fig. 77) are becoming an annoying pest in recent years. They eat irregular holes in leaves, giving them a tattered appearance. Clematis, dahlias, gladiolas, and other plants including many vegetable crops are affected. Several insecticides are available for control of these insects.

Fig. 77. Earwigs give leaves a tattered appearance.

Nematodes are pests that damage roots (Fig. 78) or leaves. Plants attacked by root nematodes become stunted and less productive. Soil fumigation can be used to control them. Foliar nematodes, those that attack the leaves, are quite prevalent on begonias, chrysanthemums, and strawberries.

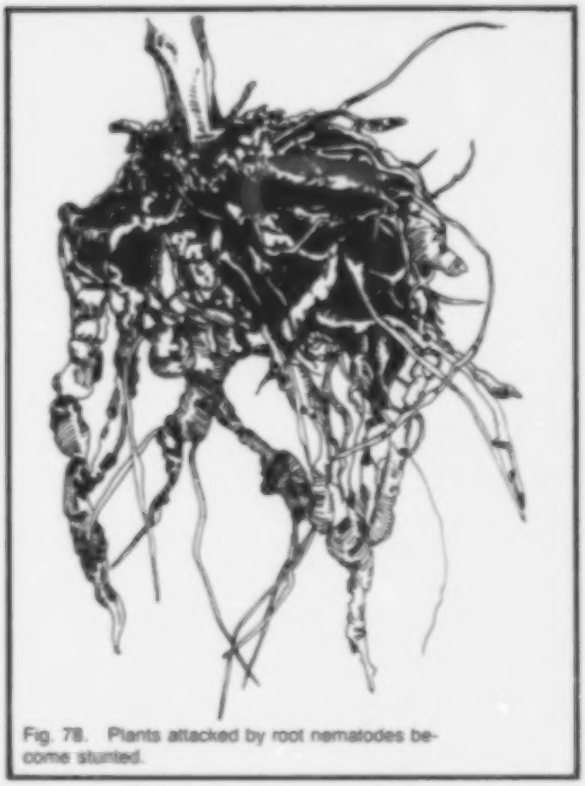


Fig. 78. Plants attacked by root nematodes become stunted.

Fig. 79. *Botrytis* grows on flowers, leaves, and stems of plants when humidity is high.

How diseases are spread

A great many diseases occur on plants in the greenhouse, so you must always remain alert to detect infections early. Diseases such as *Botrytis* mold or powdery mildew can spread so rapidly that a single infection can become an epidemic in 2 or 3 days. High humidity, poor aeration, and the presence of senescent foliage encourage the growth and spread of the fungi and bacteria that cause plant diseases. Diseases can also be spread by careless handling of plants. Virus diseases, for example, are transmitted in plant sap. Therefore handling healthy plants after touching diseased specimens can infect them with the same disease. Many fungi produce spores in great abundance. These can be blown about from plant to plant by air currents, carried on the watering can or hose, or spread from hands or clothing. Most bacterial diseases result in small droplets of bacteria oozing from the plants and adhering to the surface of foliage. The bacteria are usually moved from plant to plant by the gardener. Insects can also spread fungi and bacteria by carrying them on various parts of their bodies. Several virus diseases can as well be transmitted from infected to healthy plants by insects but, in many cases, the insect must pierce the leaf or stem surface in order to pick up the disease-producing entity from the sap. The infected insect must then puncture the leaf of a healthy plant to inoculate it with the virus. Some of the more common greenhouse diseases are described below.

Fig. 80. Powdery mildew is only one of several fungus diseases found in greenhouses.

Fig. 81. Damping-off of seedlings is usually caused by *Pythium* or *Rhizoctonia*.

Fungus diseases

Gray mold (*Botrytis* spp.) attacks bulbs, stems, leaves, and flowers of many ornamental and vegetable plants. The symptoms are a brown rotting and blighting of flowers and other affected tissue (Fig. 79). The spores are carried by air and germinate on moist plant surfaces.

Because spore germination requires high humidity and moisture, ensure that ventilation is adequate and avoid splashing water on the plants. Be sure to practice good sanitation procedures, such as the removal of old blossoms and leaves.

Early blight and leaf spot (*Alternaria* spp. and *Septoria* spp.) are common diseases of tomatoes. Early blight lesions are characterized by dark rings on a brown background. Leaf spot shows up as small black dots on the affected area. The oldest leaves are attacked first and these diseases may cause a defoliation of the lower part of the plant. Spores of these diseases are wind-borne or may be splashed onto leaves during watering. Proper ventilation and reduction of humidity help in controlling these diseases.

Powdery mildew (Fig. 80), caused by any one of many species of fungi, is characterized by the appearance of small, snowy white spots on the surface of leaves, stems, and flowers. On some plants, like roses, the young shoots may become completely covered with the whitish mildew growth and become distorted. The disease spreads by spores that are carried in air currents. Certain species of the powdery mildew fungi usually are specific to particular crops; for example, powdery mildew on chrysanthemums does not affect roses. Spores of the powdery mildew fungus may germinate at a lower humidity than that usually required for other plant diseases.

Rhizoctonia, *Pythium*, and *Thielaviopsis* are soil-borne fungi that attack a wide variety of plants. *Pythium*-infested roots usually turn black and wet and appear hollow and collapsed. Cool, wet, poorly drained

soils promote this disease. Therefore avoid excessive watering. *Rhizoctonia* can infect leaves, stems, and roots of many plants. It does not cause as much rotting of roots as *Pythium*, but most amateur gardeners are not able to differentiate between the two.

Thielaviopsis causes a drier rot of roots but, again, the differences in symptoms produced by *Pythium*, *Rhizoctonia*, and *Thielaviopsis* are not great enough for the hobbyist to be able to differentiate.

The damping-off disease of seedlings is most frequently caused by *Rhizoctonia* or *Pythium*. Infection of the seedlings can occur before they emerge or after they appear above the soil (Fig. 81). To prevent damping-off diseases, use well-drained soil that is thoroughly pasteurized or sterile rooting media; clean thoroughly plants, benches, pots, and tools; and practise a generally sound sanitation program. Soil treatments with chemicals can also be helpful.

Verticillium is a fungus that invades the conducting tissues of plants and causes wilting. Quite often only one side of the plant is affected. The fungus persists in soil and the infection occurs through roots; in many cases the plants appear to be symptomless. However, cuttings from such plants may carry the fungus. Pasteurize the growing medium to control this disease.

Leaf mold of tomatoes, caused by the fungus *Cladosporium fulvum*, starts as gray spots on the lower side of the leaves and continues to develop until the entire leaf, top and bottom, becomes covered with an olive-colored mold. It can be controlled by good sanitation procedures and good ventilation.

Bacterial diseases

Bacteria are single-celled organisms that grow within the tissues of the plant, making the diseases difficult to control. The best control is achieved through prevention, as well as the early removal and careful disposal of infected plants. Crown gall on roses, geraniums, and chrysanthemums caused by *Agrobacterium tumefasciens*, bacterial leaf spot of geraniums caused by *Xanthomonas* spp., bacterial wilt of carnation caused by *Pseudomonas caryophylli*, and soft rot of cuttings and bulbs caused by *Erwinia* spp. are some of the most common bacterial diseases.

Fig. 82. Rose mosaic virus discolors the leaves, stunts the plant, and decreases flowering.

Virus diseases

Viruses are extremely small infective agents similar in size and chemistry to DNA, the genetic material within plant cells. They live within cells causing complex symptoms including stunting, dwarfing, leaf mottles, mosaics, and distortion of leaves, flowers, and fruit. Usually, the first symptoms appear on the leaves as mottles or mosaic patterns (Fig. 82). Flowers can be dwarfed, deformed, or even changed into leafy structures. Viruses can be spread by insects feeding on a healthy plant after feeding on an infected one, by grafting of infected plant parts, or by using infected plants as a source of cuttings. Sometimes viruses are spread simply by handling healthy plants after having contacted infected ones. Be sure to use pathogen-free propagating material and a good sanitation program to control these problems.

Several viruses attack tomatoes. Tobacco mosaic virus (TMV) is the most common, causing distortion of leaves, stunting of growth, and reduction in yield. It is spread by insects, hands, or tools. Besides good sanitation and control of insects, a nonsmoking rule helps to avoid infection, as this virus may be present in tobacco.

Physiological diseases

Undesirable greenhouse temperatures, faulty fertilizing and watering, build-up of soluble salts, and other nutritional problems may cause physiological disorders in plants.

- Tomato blossom end-rot appears as a brown, leathery tissue at the blossom end of the fruit. The direct cause is low supply of calcium; an indirect one is plant stress caused by low soil moisture, excess soluble salts, high rates of transpiration, or high soil moisture.
- Tomato fruit cracking is usually caused by a sudden change in moisture supply to the plants. Prevention is usually achieved by avoidance of high temperature and maintenance of uniform, medium moisture conditions.
- Blotchy ripening of tomatoes is associated with low light intensity, cool temperature, high soil moisture, high nitrogen, and low potassium.
- Sunscald of tomatoes can be avoided by preserving the leaves that offer protection to the fruit clusters and reducing the greenhouse temperature.

- Roughness and catfacing of tomatoes, a radial wrinkling of fruit shoulders, is caused by poor pollination, low temperature, and high relative humidity. These factors cause the flower parts to develop abnormally.

- Crooking of cucumbers, an excessive curvature, can be caused by a leaf or stem interfering with the growth of the young fruit. Adverse temperature, high soil moisture, and poor nutrition can also cause this disorder.

Physiological diseases occur in most plants that are under stress. Their symptoms take on many different forms, including leaf spots, scorching of leaf tips and margins, abnormal growth habits, defoliation, flower and fruit drop, and general deterioration.

Pesticides

The kinds of pesticides available to the amateur gardener, their formulation, and the recommended usage change with time. Handle and apply all pesticidec in *strict* accordance with given directions. Follow exactly all instructions on correct handling, dosage for greenhouse or outdoor use, and timing of applications on edible crops. Note all precautions regarding toxicity.

Plant injury can be caused by pesticides. To minimize it, apply pesticides during the cooler parts of the day.

Many pesticides, even though carefully tested before registration for use, are toxic to humans and animals. Avoid careless handling or overuse of these chemicals. Good sanitation and proper cultural methods are the best means for control of insects and diseases. Chemical pesticides should be used only as a last resort.

Resource bibliography

Greenhouse construction

A guide to rock bed storage units. 1981.
Enermodal Engineering Ltd.
National Research Council of Canada.
Solar Energy Project, Ottawa, Ont.

Canadian wood-frame house construction
Metric edition. 1981.
Canada Mortgage and Housing Corporation, National Office, Ottawa, Ont.

Handbook on insulating homes for energy conservation. 1980.
Canadian General Standards Board,
Hull, Que.

Keeping the heat in. 1976.
Energy, Mines and Resources Canada.

Low-cost passive solar greenhouses. 1980.
Alward, R.; Shapiro, A.
National Center for Appropriate Technology, P.O. Box 3838, Butte, MT.

Solar greenhouses: underground. 1982.
Geery, D.
Tab Books, Inc., Blue Ridge Summit, PA.

The food and heat-producing solar greenhouse. 1976.
Fisher, R.; Yanda, B.
John Muir Publications, P.O. Box 613,
Santa Fe., NM.

The solar greenhouse book. 1978.
McCullagh, J.C.
Rodale Press, Emmaus, PA.

The solarium workbook. 1981.
Hawes, D.; Lawand, T.;
LeNormand, J.; Skelton, A.
National Research Council of Canada,
Solar Energy Project, Ottawa, Ont.

Greenhouse management

Ball bedding book. 1977.
Ball, V.
Geo. J. Ball, Inc.

Diagnostic techniques for soils and crops. 1948.
The American Potash Institute, Washington, D.C.

Greenhouse grow-how. 1977.
Pierce, J.H.
Plants Alive Books, Seattle, WA.

Greenhouse operation and management. 2nd ed. 1981.
Nelson, P.V.
Reston Publ. Co. Inc., Reston, Virginia.

Greenhouse vegetable production in Ontario. 1976.
Tiessen, H.; Wiebe, J.; Fisher, C.
Ontario Ministry of Agriculture and Food,
Toronto, Ont., Publ. 526.

Horticulture for profit and pleasure. 1969.
Hamilton, G.H., et al.
J.M. Dent and Sons Ltd. (Canada).

Hydroponic food production. 1978.
Resh, H.M.
Woodbridge Press Publ. Co., Santa Barbara, CA.

Pesticide recommendations for greenhouse ornamentals. 1981–1982.
Ontario Ministry of Agriculture and Food,
Toronto, Ont., Publ. 381.

Reader's Digest illustrated guide to gardening in Canada. 1979.
Calkins, C.C., ed.
Reader's Digest Assoc. (Canada) Ltd.

Index

A-Rest® 44, 56
abnormal growth 66
abrasion 19
acidity 43
acrylic 23
acrylic, double-wall 20
acrylic, single-wall 20
active heat storage 32
active storage systems 29
Adiantum 59, 60
aerobic compost pile 39
aesthetics 5, 7
African violets 47
Agrobacterium tumefasciens 65
air layering 56, 57
air space 24
air supply to support combustion 35
air-layering 48, 58
air-lock entryway 13
air-to-air heat exchanger 36
airtight 27
alcohol in a kerosene lamp 42
alkalinity 43
all-purpose fertilizers 42
Allium schoenoprasum 51
Alternaria leaf spots 53
Alternaria spp. 64
aluminum sulfate 54
amaryllis 42
ammonia release 40
ammonium molybdate 44
ammonium nitrate 42, 55
ammonium sulfate 42
Anethum graveolens 51
angle of glazing 7
aphids 53, 54, 55, 60, 62
apples 48
arborvitae 47
area, vent-opening 28
artificial environment 35
Ascochyta blight 54
aseptic culture 48
Asplenium 59
Asplenium nidus 59
asters 41
attached greenhouse, ventilation 29
attached greenhouses 4, 7, 11, 12, 17
automatic closing systems 28
automatic watering systems 41
auxiliary heat 35
azaleas 41, 42, 43
B-9® 44, 54, 56
backhoe operator 15
backup heat 33
backup heating 31
bacteria 40, 64
bacterial diseases 65
bacterial leaf spots 51, 65
bacterial wilt 53, 65
baffles 32
baited pesticides 62
balcony 9
bark 39
basil 51
battens 25, 27
beds 37
beets 49, 50
Begonia × *rex-cultorum* 51
Begonia serratipetala 51
Begonia × *semperflorens-cultivorum* hybrids 51
Begonia × *tuberhybrida* 51
begonias 47, 51, 63
benches 37
bird's-nest fern 59
black spot 55
Blechnum 59
blossom end-rot of tomatoes 65
blotchy ripening of tomatoes 65
blowers 32
blue spruce 47, 48
blue-colored, rigid, extruded polystyrene 15
bone meal 42
borax 44
boron 44, 45
Boston fern 59
Botrytis 51, 59, 60
Botrytis blight 54
Botrytis mold 64
Botrytis rot 54, 55
Botrytis spp. 64
Brace greenhouse 12, 13, 17
Brace Research Institute 7
braces 15
Brassaia actinophylla 58
breakers 41
breezes, summer 6
bridge grafting 48
British thermal units 34
broccoli 37
bromeliads 42, 44
bud formation 54
budding 55
bugs 60
building inspector 5
building permit 5
buildings, tall 6
bulbs 60
button fern 59
butyl caulking 9
butyl glazing tape 25
cabbages 44
cacti 48, 58
Calceolaria herbeohybrida 51
calceolarias 51
calcined clay 39
calcium 43, 44, 45, 60, 65
calcium fertilizers 55
calcium nitrate 39, 44
cambium layer 48
candela 42
cane sections 56
capillary-mat watering system 41
carbon 42
carbon dioxide 27, 35, 36, 42
carnations 44, 52, 65
carrots 50
cascading petunias 38
catfacing of tomatoes 66
caulking 3, 9, 15, 19
cedar 9, 17
cedar post 14
Cell-Pak 46
cellulose acetate butyrate 22, 23
cellulose insulation 9
cement asbestos board 15
cement parging 15
Cercospora leaf spots 58
chelates 43
chemical attack 19
chemical fumigants 40
chemical inhibitors 46
chemical insecticides 62
chemical pesticides 66
chemical salts 43
cherry tomatoes 38
chimney effect 27
chimney installation 34
chimneys 35
chives 51
chlorination 41
chlorine 40
chlorosis 43
Chlorox® 40
Christmas cacti 59
Chrysanthemum morifolium 53
chrysanthemums 41, 42, 43, 44, 46, 53, 61, 63, 64, 65
cinerarias 51
Cladosporium fulvum 65
clay 39
clay pots 44
cleft grafting 48
clematis 63
climate, interior 3
climate, mild 14
climatic conditions 19
climatic zones 35, 37
cloned plants 48
closing system 28
cloth, shade 27
CMA 39
codes 5

Codiaeum variegatum 58
cold frames 3
cold treatment 50
coleus 42
collards 50
colorimetric comparisons 43
commercial fertilizers 42
community garden 13
compost bins 39
composting 39
compressed paper pots 44
compromise 8
concrete 31
concrete blocks 14, 33
concrete foundations 4
conductivity meter 41
construction 6, 14
container gardens 3
containers 44
controlled environment 35
convection 30
conventional greenhouse 12
convertible beds and benches 38
cooling 27, 35
copper 44, 45
copper chelate 44
copper napthanate 9, 17
copper sulfate 44
Cordyline 42
corn plant 56
corrugated fiber-reinforced polyester 25
corrugated glazing material vents 29
corrugated metal roofing 19
corrugated sealing strips 27
corrugated steel decking 33
cost 3
cost, glazing 20
cottonlike substance 62
covenants 5
creosote 9, 17
crocuses 60, 61
crooking of cucumbers 66
crotons 42, 58
crown gall 65
crushed rock 31
cucumber diseases 66
cucumbers 37, 38, 39, 44, 49
custom orders 24
custom-designed unit 4
cuttings 38, 47, 58, 65
Cycas 60
cydamen 46
Cyclamen indicum 52
cydamen mites 54, 61
Cyclamen persicum 52
cycamens 42, 52
Cytocel® 44, 56
Cyrtomium falcatum 59
daffodils 61
dahlias 41, 51, 63
damping-off disease 46, 65
Davallia 59
day-length response 42
day-neutral plants 41
decking, steel 33
deep-feeding plants 37
deficiency symptoms 44
deficiency, symptoms of mineral 45
defoliation 64, 66
degree-days 15
design 6, 36
deterioration 66
diammonium phosphate 44
Dianthus caryophyllus 52
Dieffenbachia maculata 'Baraquiniana', 'Jenmannii', and 'Memoria' 56
dieffenbachias 56
dill 51
discoloration 19
disease-causing fungi 40
diseases 61, 64
disinfectant 40
distortion 65
division 47
dolomitic limestone 39
dormancy 46
double-glazed tempered glass 19
downdraft 35
Dracaena spp. 56
dracaenas 41, 56
drain pipes, corrugated plastic 33
drain-down system 31
drifting 6
drip edge 15
drums 30
dwarfing 65
dyes 31
early blight 64
earwigs 63
east wall 12
east–west 6
Easter cacti 59
Easter lilies 44
electric baseboard heaters 33
electric sterilizers 40
electrical conductivity 41
end walls 16
environment 35
environmental issues 5
Erwinia spp. 65
ethephon 46
ethyl alcohol 49
ethylene 44
Euphorbia 47
Euphorbia pulcherimma 55
European cucumbers 49
evergreen shrubs 58
examples 9
exterior siding 19
exterior-grade plywood 19
fan sizing 28
fans 34, 36
fans, electrically driven 32
feeding 43
fences 6
fern spores 47
ferns 59, 62
ferrous sulfate 44
fertilizer grade 42
fertilizers 42
Fertosan® 39
fiber glass 19, 25
fiber glass insulation 9
fiber glass reinforced polyester 22, 23
fiber-glass tubes and tanks 31
fiber-reinforced polyester 4, 25
fiber-reinforced polyester glazing 19
fibrous begonias 51
Ficus 42, 47, 62
Ficus benjamina 57
Ficus elastica 57
fire protection 5
firs 47
fittonias 42
flashing 15
flats 46
floating slab 12
floor dimensions 7
Florel® 46
floribunda 55
flower and fruit drop 66
flowers 61
fluorescent light 42
fluoridation 41
fluoride 57
foam rubber 27
foliar analysis 43
foliar feeding 43, 47
food 3
foot-candle 42
footing 14
footings, continuous 15
forced bulbs 60
forced ventilation 28
formaldehyde 40
formalin 40
foundation 14
foundations, continuous 17
foundations, post 17
framing 15
freestanding greenhouses 4, 7, 12, 13, 14, 17

frost line 14
FRP 25
fruit cracking of tomatoes 65
fuchsias 61, 62
fumigation 61
fungal leaf spots 51
fungi 64
fungicide 46, 56
fungus diseases 64
fungus gnats 62
Fusarium 59
fusarium wilt 53
galvanized cable 17
galvanized nails and screws 9, 19
galvanized steel tanks 31
garage roof 10
garden hose with a nozzle 41
garden soil 40
garden, outdoor 3
gear-and-chain drive closing system 28
geraniums 65
germinating mixes 39
germinating seeds 41
gibberellins 44
gladiolas 63
glass 19, 23
glass fiber insulation 9
glass, tempered 20, 24
glass, untempered 20
Glauber's salt 31, 32
glazing 8, 19
glazing frame 15
glazing insulation 19
glazing materials, properties 19
glazing materials, suitability 23
glazing properties 20
glazing protection 8
glazing tape 25
glazing vents 29
glazing, break-resistant 8
glazing, inner 24
glazings, condensation between 24
glazings, heavy 24
gold-dust dracaena 56
grafting 47, 48, 55, 59, 65
granular insecticides 62
grape hyacinths 61
grass clippings 39
gray mold 51, 64
greasy blotch 53
greens 37
Gro-zyme® 39
ground beds 37
ground layering 48
ground-floor porch 10
growing areas 7, 36
growing beds, garden-type 37
growing containers 37
growing media 39
growth rate, lower 40
growth regulators 44
growth, slow 43, 49
hand pollination 49, 50
handling 65, 66
hanging pots 38
hardwood cuttings 47
heat 3, 9
heat capacities 30
heat collection 7
heat loss 8, 9, 15
heat recovering 33
heat-motor closing system 28
heat-shielding materials 34
heat-storage 9
heat-storage mass 30
heat-storage materials, quantities 32
heat-storage, estimating 31
heater, size of 34
heaters 33
heaters burning natural gas, propane, kerosene, and oil 34
heaters, capacity of electric 34
heating from the main building 33
Hedera 42
hedges 6
herbs 49, 51
high-energy plants 42
high-intensity discharge lamps 42
high-pressure sodium lamps 42
hobby 3
holly fern 59
homeowner's policy 5
honeydew 62
hormone, gaseous plant 44
hormones 47
hot water immersion 46
hotbeds 3
HPAN 39
humidity 27
humus 39
hyacinths 60
hybrid tea roses 55
Hydrangea macrophylla 54
hydrangeas 42, 54
Hydrion® 43
hydrogen 42
ice 6, 8
impermeable seed coat 46
in-ground beds 38
incandescent light 42
indolebutyric acid 44
infrared transmittance 19
injury of plants 66
insecticides 61, 62
insects 61, 65
installation, glazing 20
insulation 3, 9, 15, 19
insurance coverage 5
interior climatic zones 37
interplanting 49
iodine 45
iron 44, 55
iron chelate 44
iron deficiency 43
ivy 62
jade plants 48
Javex® 40
junipers 47, 48
kalanchoes 41
kale 50
kerosene 31
kerosene lamp 49
kneewall, vertical 11
kneewalls 12, 16
lag screws 17
lamps 42
latex caulking 9
lath 15
leaf bud cuttings 48
leaf cuttings 47
leaf mold 39, 65
leaf mottles 65
leaf spots 54, 56, 58, 64, 66
leafhoppers 54
leafminers 54
leaks 9
leaves 39
leaves yellowing and wilting 43
leaves, brown edges or tips 40
leaves, burned 40
leaves, yellow 40
leggy plants 49
lemons 48
lettuce 37, 42, 48, 49, 61
lifespan 20
light 8, 35, 41
light energy 6
light intensity 42
light penetration 7
lilac 47, 48
lilies 41, 44
limestone 43
limiting factor 7
lites, patio door 24
living space 3
loads 19
loads, external 8
loam 39
location 6
long-day plants 41
Lorraine cultivars 51
low-energy plants 42
lower vents 27

lux 42
magnesium 43, 44, 45
magnesium sulfate 44
maidenhair ferns 59
maintenance 3
management 39
manganese 44, 45
manganese sulfate 44
manganese toxicity 40
manual closing systems 28
manual controls 4
manually controlled heaters 33
manure 39
masonite 9
masonry 32
mealy bugs 58, 59, 62
melons 37, 38
Mentha spp. 51
metal frames 16
metal halide lamps 42
metal shades 27
methyl alcohol 49
metric candle 42
microclimate 6
micronutrients 43
microorganisms 39, 40
milk parlor sheathing 19
mint 51
mist 47
mites 58, 61
moist chilling 46
moisture meters 40
moistureproof 19
mold 62
molybdenum 44
Monstera deliciosa 58
mosaics 65
motor oil 31
mountain ash 48
mulch 55
nails 9
Narcissus tazetta 'Paperwhite' 61
nasturtiums 38
natural ventilation 27
nematodes 51, 63
neoprene setting blocks 25
neoprene washers 27
Nephrolepis exaltata 59
neutral point 43
night curtains 9
night period 41
nitrogen 42, 43, 45, 55
nitrogen-containing fertilizers 39
north wall and roof 17
nozzles 41
NPK rating 42
nutrient deficiencies 43
nutrient-deficiency symptoms 40
nutrition, plant 42
nylon fishnet twine 38
obstructions 6
Ocimum basilicum 51
oil 31
oil-based primer 9
orchid cacti 59
orchid seeds 47
orchids 39, 48
orientation 7
ornamental plants 51
ornamentals 38, 64
Osmocote® 43, 47
overfertilization 42
overhead wire 38
overlapping 15, 19
overwatering 40
oxygen 42
packs 46
paint 9, 19
paint, antirust 31
paints, shading 27
palms 60, 62
paper tape 43
paper-white narcissus 61
parging 15
parsley 51
particle board 9
passive heat storage 30
passive solar greenhouses 34
passive storage systems 29
patio door lite 24
patio doors 19
patio-door thermopane 4
peach 48
peas 38
peat moss 39, 43
peat pots 44
Pelargonium domesticum 52
Pellaea rotundifolia 59
pentachlorophenol 9, 17
Peperomia caperata 58
peperomias 47, 58
perimeter watering system 41
perlite 39
personal involvement 3
pesticides 66
Petroselinum crispum 51
petunias 61
pH 43, 54
pH level 41
phase-change material 31
Philodendron scandens subsp. *oxycardium* 58
Philodendron selloum 58
philodendrons 58
phosphorus 42, 43, 44, 45
photoperiod 54
photoperiodism 41
photosynthesis 27, 42
physiological diseases 65
Phytophthora 59
piers 14
pinching 55
pines 47, 48
pit greenhouse, attached 11
placement of plants 36
placement, heat-storage 37
planter boxes 3
planting schedules 49
plants, young 41
plastic flats 46
plastic pots 44
plastic shades 27
plastic tunnel 12
plywood 9, 15
plywood bed 37
poinsettias 41, 42, 43, 44, 55, 61
pollinated by hand 49
pollutants 19
polycarbonate 21, 23
polycarbonate plastic 19
polycarbonate, double-wall extruded (thick sheets) 21
polycarbonate, double-wall extruded (thin sheets) 21
polyethylene 22, 23, 25
polyethylene film 4, 48
polyethylene vapor barrier 9, 19
polyethylene, treated 25
polystyrene 15, 19
polystyrene foam 39
polystyrene insulation 9, 33
poplar 48
popular plants 51
Portulaca 42
post foundations 15
potassium 42, 43, 45
potassium gibberellate 46
potassium nitrate 39, 46, 55
potassium sulfate 44
potatoes 44
poured concrete 14
powdery mildew 51, 54, 55, 64
prefabricated unit 11
preservative 17
price, glazing 20
prices 3
prices, shades 27
prime 19
promoters 44
propagation 46
Pseudomonas caryophylli 65
Pteris 59
purlins, wood 27
Pythium 51, 56, 59, 64, 65

rack-and-pinion closing system 28
radishes 49, 50
rafter specifications 17
rafter ties 17
rafters 17
raised beds 37
RaPidGro® 47
reasons for building 3
recycled materials 3
recycled windows 24
red spider 53
red-margined dracaena 56
redwood 9, 17
Regal begonias 51
Regal geraniums 52
regulations 5
reinforcement, structural 15
reinforcing bars 15
relative humidity 27, 35, 36
resistant to impact 19
respiration 27, 42
retardants 44
retrofit activities 5
Rex begonias 47
Rhapis 60
Rhizoctonia 56, 60, 64, 65
Rhizoctonia stem rot 53
rhizomatous begonias 51
rhododendrons 48
rib ferns 59
Rieger begonias 41
rock 31
rock bed 33
roof vents 29
roof, shallow 11
root cuttings 48, 58
root rot 54, 58
root soft, mushy, or rotten 40
root suckers 56
root system, sparse 40
rooted cuttings 55
rooting hormone 47
rooting powder 48
rootstock 55
Rosa manetti 55
Rosa spp. 54
roses 41, 42, 47, 48, 54, 64, 65
rot prevention 9
rot-resistant wood 9
roughness of tomatoes 66
rubber plants 57
rust 19, 54
rust inhibitor 31
salad greens 50
salt 40, 43, 60
salvias 61
sand 39
sanitation 5, 66
sanitation procedures 64
sawdust 39
scale insects 58, 59, 60, 62
scarification 46
schedules for planting 49
Schefflera 58
scion 48
scorching of leaf tips 66
scratching 19
sealant 19
seed leaves 46
seed-protectant fungicide 46
seedless grapes 44
seedlings 38
seeds 41, 46, 58, 59, 60
Senecio hybridus 51
sensible heat 29
Septoria spp. 64
sexual propagation 46
shade-loving plants 38
shades, roll-down 27
shading 6, 27, 36
shading compound 27
shallower-rooting crops 37
shape 7, 8
sheetrock 9
short-day plants 41
shutters 9, 14
side grafts 48
siding 9
silicone sealant 19, 27
sill 9
silt 39
site 6
size 8
sizing wood-frame structural members 16
slab 14, 33
slatted bed 37
slatted shades 27
slopes 9
slow-release inorganic fertilizers 43
slugs 62
snails 62
snow 6
snowfall 8
soft rot 65
softwood cuttings 54
soil 39
soil acidity 43
soil conditioners 39
soil drenches 62
soil fumigation 63
soil mix, University of California 39
soil pasteurization 39
soil tests 43
soilless media 39
solar radiation 19
solar transmittance 19, 20
solarium 3
solid portions 19
solid roof and wall 17
solid-timber roof rafters 17
soluble salts 41
south wall 6
south-sloping 6
southeast 6
southwest 6
space 6
space savers 38
spaghetti tubes 41
spans 16, 17
spectrum, visible 42
sphagnum peat 39, 48
spider mites 54, 55, 58, 59, 60
spider plants 41
spigot, water-tight 31
spinach 46
spindly plants 49
spleenworts 59
split carnation 53
spores 60
spread of disease 64
spruces 47, 48
squirrel-foot ferns 59
stem cuttings 47, 57, 59
stem rot 51, 56, 58
sterilized soil 40
sticky residue 61, 62
stock 48
storage life, seeds 46
storage mass 30
storage materials 30
stratification 46
strawberries 63
streaked pattern 62
stress 65, 66
structural safety 5
stunting 65
styrofoam insulation 38
succulents 58
suckers 49
sulfate or chloride of potassium 42
sulfur 43, 44, 45
sulfuric acid 46
sun, path 6
sunlight 6
sunscald of tomatoes 65
superphosphate 39, 42
superphosphate fertilizers 55, 56, 57
supplementary lighting 42
support structure 8
support system 24
sweetheart roses 55
systemic insecticides 62
T-bud grafts 48

table ferns 59
tape, butyl glazing 25
tarnished plant bugs 54
temperature 35
tempered sealed glass 24
thermal mass 30
thermal radiation 19
thermal storage 27, 29
thermal-storage mass 32
thermopane 24
thermopane window panels 19
thermostatic controls 35
thermostatically controlled closing system 28
thermostatically controlled heaters 33
Thielaviopsis 56, 64, 65
third layer of glazing 8
thrips 53, 54, 55, 58, 62
thunbergia 38
tightness 9
tilth 39
tissue culture 46, 48
TMV 65
tobacco 61
tobacco mosaic virus 65
tomato diseases 65
tomato seedlings 49
tomatoes 37, 38, 39, 42, 49, 61, 64, 65
tongue grafts 48
toxicity 66
trace elements 39, 43
trailing ornamentals 38
translucency 8
transmittance 19
transplant 46
transplanted seedlings 38
trellis 38
tropical plants 39
tube watering system 41
tuberous begonias 51
tulips 61
turpentine 31
two-spotted mites 61
type 7
ultraviolet radiation 8
ultraviolet rays 19
ultraviolet-resistant polyethylene 25
umbrella trees 58
underground systems 15
underwatering 40
unglazed sections 17
urea formaldehyde 43
VAMA 39
vegetables 48, 61, 63, 64
vegetative propagation 46, 47
veneer grafts 48
vent opener 28
ventilation 27, 35, 36
vents 27
vents in solid portions 29
vents, glazing 29
vermiculite 39
vertical growing 38
verticillium 65
virus diseases 64, 65
viruses 62
walkways 37, 38
wall 14
wall and roof vents 29
wall studs 17
water 30, 32, 40
water accumulating 9
water containers 30
water temperature 41
water-proof gypsum board 19
watering can 41
waterlogging 60
wax begonias 51
waxy residues 62
weather 6
weatherstripping 29
weeping figs 57
wetting agent 39, 41
whip grafts 48
white polystyrene bead-board 15
whiteflies 54
whiteflies 56, 60, 61
whitish mildew 64
wilting 40
wind 27
windbreaks 6
windows 27
windows, glaze 3
windows, recycled 24
wood and bamboo shade 12
wood and metal shades 27
wood bed 37
wood frames 16
wood members 16
wood stoves 34
wood, good-quality 17
wood, rot-resistant 17
wooden flats 46
woody plants 48
Xanthomonas spp. 65
yellowing foliage 43
yews 47
zinc 44, 45
zinc chelate 44
zinc sulfate 44
zoning laws 5

Agriculture
Canada

Les économies d'énergie dans les serres urbaines au Canada

construction et exploitation

Canada

Les économies d'énergie dans les serres urbaines au Canada

construction et exploitation

Direction générale de la recherche
Agriculture Canada

Publication 1814F
1987

Éditeur-réviseur
Normand Rousseau

On peut se procurer cette publication en anglais sous le titre:
Energy-conserving urban greenhouses for Canada: construction and management.

Prix au Canada 6,75 $

Prix dans les autres pays 8,10 $

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987
N° du cat. A15-1814 1987F
ISBN 0-660-91753-X
Imprimé en 1987

Données de catalogage avant publication (Canada)

Les économies d'énergie dans les serres urbaines au Canada : construction et exploitation

(Publication ; 1814F)

Publié aussi en anglais sous le titre: Energy-conserving urban greenhouses for Canada.
Comprend une bibliographie

1. Serres-Canada-Plans et construction
2. Serres-Canada-Conservation de l'énergie
3. Serres solaires-Canada. I. Canada. Agriculture Canada. Direction générale de la recherche. II. Série: Publication (Canada. Agriculture Canada); Français ; 1814F

B416.E5314 1986 690.89 C87-099202-3

Table des matières

Remerciements 1

Avant-propos 2

Première partie
Considérations préliminaires 3

- Motifs de construction 3
- Participation personnelle 3
- Coût 4
- Considérations juridiques 5

Deuxième partie
Construction d'une serre 7

- Conception 7
  - Emplacement 7
  - Type 8
  - Forme 8
  - Taille 9
  - Éclairement 10
  - Protection du vitrage 10
  - Chaleur 10
  - Prévention de la pourriture 10
- Modèles 11
  - Serre solaire sur balcon 11
  - Serre sur toit de garage 11
  - Transformation d'une véranda en serre 12
  - Serre en appentis à mur nain vertical 12
  - Serre-fosse en appentis 13
  - Serre en appentis à toit faiblement incliné 13
  - Serre en appentis sur un mur est 13
  - Serre classique modifiée autonome 14
  - Serre autonome à contreventement 14
  - Grande serre autonome 14
  - Serre autonome pour les climats tempérés 15
- Particularités de construction 16
  - Fondation 16
  - Charpenterie 17
  - Vitrage 21
  - Systèmes de refroidissement et de ventilation 29
- Systèmes de stockage de la chaleur 32
  - Stockage thermique passif 33
  - Stockage thermique actif 36
  - Chaleur d'appoint 37
- Environnement 39
  - Température 40
  - Humidité relative et dioxyde de carbone 40
  - Conception des serres 40
  - Place de l'unité de stockage de la chaleur 41
  - Zones climatiques intérieures 41
  - Planches et tablettes de culture 41
  - Allées 43

Troisième partie
Gestion des serres 44

- Milieux de croissance 44
  - Sol 44
  - Compostage 44
- Milieux de croissance sans sol 44
- Mélanges de germination 45
- Pasteurisation du sol 45
- Eau 46
- Lumière 47
- Nutrition des plantes 48
  - Engrais commerciaux 48
  - Programmes d'alimentation 48
  - Essais du sol 49
  - pH 49
  - Carences en éléments nutritifs 49
- Substances de croissance 50
- Contenants 50
- Multiplication des plantes 53
  - Graines 53
  - Multiplication végétative 54
  - Culture de tissus 55
- Légumes 56
  - Tomates, concombres et laitues 56
  - Carottes 57
  - Chou fourrager et chou vert 57
  - Radis 58
  - Betteraves 58
  - Herbes aromatiques 58
- Plantes de serre ornementales populaires 58
  - Bégonias 58
  - Calcéolaires 58
  - Cinéraires 59
  - Cyclamens 59
  - Géranium royal 59
  - Oeillets 60
  - Chrysanthèmes 61
  - Hydrangelles 62
  - Roses 62
  - Poinsettias 63
  - Dieffenbachias 64
  - Dracaenas 64
  - Figuier pleureur 65
  - Plante caoutchouc 65
  - Magnolia parasol 65
  - Crotons 66
  - Philodendrons 66
  - Peperomias 67
  - Cactus et autres plantes grasses 67
  - Fougères 68
  - Palmiers 68
  - Bulbes forcés 69
- Insectes et maladies 70
  - Insectes 70
  - Propagation des maladies 71
  - Maladies cryptogamiques 72
  - Maladies bactériennes 73
  - Maladies virales 74
  - Maladies physiologiques 74
  - Pesticides 74

Bibliographie 76

Index 77

Remerciements

La partie du présent manuel consacrée à la construction des serres a été préparée à contrat par M. Klein et R. Alward sous la supervision de H.A. Jackson et de G.F. Montgomery Centre de recherches techniques et statistiques d'Agriculture Canada. La partie qui porte sur l'exploitation des serres a été écrite par le regrette E.V. Parups et revue par A.T. Bolton du Centre de recherches phytotechniques.

La révision, la frappe et la lecture d'épreuve du manuscrit ainsi que la recomposition des figures ont été faites par le personnel du Centre et du Service aux programmes de recherche d'Agriculture Canada. Un certain nombre de figures ont été redessinées par différentes personnes. Le projet a été financé dans le cadre du Programme de recherche et de développement énergétiques en agriculture et en alimentation.

Avant-propos

Les économies d'énergie et les serres solaires soulèvent aujourd'hui beaucoup d'intérêt de la part du public. Cet intérêt provient du désir de cultiver des plantes alimentaires à la maison et de tirer profit d'une source de chaleur supplémentaire, c'est-à-dire le soleil. Cet ouvrage procure de l'information de base sur l'utilité de ce type de serres et explique en même temps la théorie qui préside à leur construction et à leur conduite.

Les serres solaires, contrairement aux serres classiques, ont leur principale surface vitrée exposée au sud. Le vitrage peut également composer le toit ou une partie de celui-ci. En outre, toutes les surfaces non vitrées sont bien isolées pour réduire les pertes de chaleur. Les serres solaires contiennent également certains matériaux destinés principalement à stocker la chaleur, comme la maçonnerie, la terre humide ou l'eau dans des contenants où l'excédent de chaleur solaire peut être emmagasiné pour être restitué la nuit venue et par temps nuageux. La serre solaire représente l'optimum en matière d'économie d'énergie. Il n'en reste pas moins que d'autres structures plus classiques sont classées comme économes d'énergie lorsqu'elles permettent certains ajouts en saisons froides comme des épaisseurs supplémentaires de vitrage, des paillassons isolants pour la nuit, l'isolation des fondations, des murs et du toit. Les factures de chauffage pour les serres solaires et économes d'énergie sont beaucoup moindres que pour les serres classiques. Les deux types peuvent être conçus de façon à fournir de la chaleur à un bâtiment attenant, faisant ainsi office de gros capteurs solaires. À moins d'avis contraire dans le texte, le terme non modifié «serre» désigne les deux types de structures, c'est-à-dire solaire et économe d'énergie.

Nous avons tenté d'inclure le plus de renseignements possible pour permettre au lecteur de déterminer si ce genre de serre serait une solution intéressante dans son cas. La somme des efforts personnels requis à chaque étape du cheminement, ainsi que les coûts et les profits découlant de l'exploitation d'une serre sont expliqués. Cet ouvrage met l'accent sur l'engagement personnel dans la création et l'exploitation d'une serre et n'a donc pour objet que de servir de guide. En effet, on n'y trouvera pas d'instructions détaillées. D'autres sources d'information sont citées si le lecteur veut en savoir davantage.

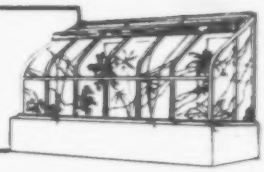
L'environnement urbain pose des défis particuliers à ceux qui envisagent d'installer et d'exploiter une serre. Certaines considérations spéciales discutées ici comprennent les codes du bâtiment, les permis, les servitudes, les critères d'esthétique, les règlements sur la prévention des incendies, la restriction de l'ensoleillement, les polluants atmosphériques, ainsi que les risques présentés par la glace et la neige.

Du fait que les serres solaires et économes d'énergie destinées aux climats nordiques doivent être plus soigneusement conçues que celles construites pour les régions plus méridionales, l'information contenue dans cet ouvrage vise à assurer le maintien de niveaux d'éclairage, de température, d'humidité et de ventilation optimaux pour la croissance des plantes sans sacrifier inutilement les possibilités de gain net de chaleur.

La serriculture est plus exigeante que le maraîchage en plein air parce qu'il est difficile de maintenir artificiellement une ambiance idéale de croissance. Des compétences spéciales sont nécessaires pour réussir compte tenu des contraintes de la culture en serre. L'information de gestion contenue dans le présent ouvrage s'applique plus particulièrement aux techniques de jardinage importantes pour assurer le succès de l'exploitation de serres solaires et économes d'énergie situées en milieu urbain au Canada où le climat tempéré nordique est responsable d'une photopériode plus courte et d'un éclairement plus faible en hiver.

Plusieurs ouvrages portant sur bon nombre des sujets traités dans ce texte ont été consultés pour la préparation du présent manuel. Les références les plus importantes figurent dans la bibliographie. Une publication intitulée *Low-cost Passive Solar Greenhouses* du *National Center for Appropriate Technology* (NCAT) de Butte au Montana, rédigée par R. Alward (co-auteur), a servi de guide pour la présentation et certains éléments particuliers du contenu. Nous tenons à remercier le NCAT pour avoir bien voulu partager l'information contenue dans leur manuel.

PREMIÈRE PARTIE
Considérations préliminaires



Motifs de construction

Une serre solaire ou économe d'énergie bien construite et bien gérée peut fournir une source additionnelle de chaleur et d'aliments frais. En réalité, une serre solaire bien conçue, contiguë à la maison, peut réduire la facture de chauffage jusqu'à concurrence de 30 %. Elle peut également vous faire économiser de l'argent au chapitre du budget alimentaire au cours de l'hiver en fournissant des fruits et légumes frais et appétissants. Une serre peut également servir d'espace habitable ensoleillé à l'intérieur où vous pouvez maintenir une ambiance printanière ou estivale à longueur d'année. En plus d'être une addition attrayante pour la maison, la serre peut également aider à améliorer l'atmosphère intérieure du foyer en fournissant un surplus de chaleur et d'humidité au cours des mois froids et secs de l'hiver. Et finalement, la serre peut s'avérer un passe-temps stimulant et profitable susceptible d'offrir un débouché intéressant pour occuper vos temps libres et récompenser vos efforts.

Mais s'il arrivait qu'un seul de ces avantages vous intéresse, peut-être pourriez-vous envisager d'autres solutions.

Par exemple, il existe plusieurs façons plus rentables de réduire votre facture de chauffage que de construire une serre, si c'est là votre seul objectif. En effet, les façons les plus efficaces d'économiser l'énergie consistent à mieux isoler votre maison, à installer des doubles et triples vitrages aux fenêtres et à calfeutrer tous les joints pour éliminer les infiltrations d'air froid.

Si la serre ne doit servir que comme salle supplémentaire de séjour (fig. 1), il faudrait alors plutôt envisager la construction d'un solarium. Les publications intitulées «Introduction au solarium» et «Série technique solaire nº 2», sont deux excellents ouvrages sur le sujet.

Il existe également d'autres façons moins onéreuses d'accroître votre provision d'aliments que de construire une serre solaire ou économe d'énergie. En effet, l'agrandissement d'un potager extérieur ou l'amélioration de vos techniques de plantation et de conduite peuvent augmenter substantiellement la quantité d'aliments que vous pouvez récolter et emmagasiner. Par exemple, l'utilisation de couches chaudes et froides (fig. 2) peut allonger la saison de végétation en plein air. En outre, les potagers en conteneurs (fig. 2) installés sur les balcons et les toits ont des dimensions plutôt limitées, mais peuvent remplacer avantageusement les potagers au sol. Autre solution, les jardinières et les récipients de jardinage intérieur pourvus d'un éclairage approprié peuvent fournir des légumes feuillus pendant tout l'hiver.

Ces solutions de rechange à la serre peuvent être suffisantes pour répondre à vos besoins de production d'aliments. D'autre part, si vous êtes intéressé à tirer plus d'un avantage d'une serre solaire ou économe d'énergie, cet ouvrage vous offrira de nombreuses suggestions sur la façon de concevoir, de construire et de gérer une serre de façon efficace.

Participation personnelle

Le succès de l'exploitation d'une serre comme capteur de chaleur et producteur d'aliments dépend d'un certain engagement de votre part en termes de temps et d'effort.

Pour utiliser une serre dans la production d'aliments à longueur d'année, il faut posséder certaines compétences spécialisées en matière d'exploitation des serres. Les chances sont bonnes pour qu'un jardinier-maraîcher expérimenté désireux d'en apprendre davantage sur l'horticulture en serre devienne un serriste éclairé et efficace. La dernière partie de cet ouvrage traite de certaines particularités de l'exploitation des serres. En règle générale, les plants cultivés en serre nécessitent beaucoup d'attention. On doit les arroser, les fertiliser, les désherber, les éclaircir, les repiquer, les inspecter et les traiter contre les insectes et les maladies. En outre, l'ambiance intérieure d'une serre doit être maintenue dans des limites précises, sinon les plants meurent tout simplement ou subissent un stress et deviennent de plus en plus sensibles aux attaques des insectes et des maladies. Il faut également éviter les extrêmes de température et d'humidité. Les plantes peuvent être endommagées dans une serre surchauffée, tout comme elles le sont lorsque les températures descendent en deçà du point de congélation. Des systèmes de chauffage et de ventilation d'appoint sont donc essentiels et, dans certains cas, un système de refroidissement s'avère également nécessaire. Ces systèmes peuvent être automatiques ou manuels. Les deux types nécessitent une attention de tous les instants pour assurer leur bon fonctionnement.

Dans une serre, une ventilation suffisante est capitale pour reconstituer le bioxyde de carbone vital à la croissance végétale et pour contrôler l'excès de température et d'humidité. La serre peut être ventilée à l'air naturel de l'extérieur ou à l'air artificiel provenant de l'intérieur de la maison contiguë. L'éclairage doit être également maintenu à des niveaux suffisamment élevés pour assurer une croissance continue des plantes. Puisque l'éclairement en hiver est très faible au Canada, le propriétaire d'une serre se doit de maximiser la quantité de lumière qui entre dans la serre. Lorsqu'il utilise quotidiennement des paillassons isolants ou des épaisseurs supplémentaires de vitrage amovible, il doit les ouvrir au lever du soleil et les fermer au coucher.

L'utilisation d'une serre comme capteur héliothermique pour une maison contiguë ne se résume pas simplement à régler le thermostat. L'efficacité d'une serre comme source de chaleur dépend de la circulation d'air entre la serre et la maison principale. Le mouvement de l'air est parfois automatiquement contrôlé par un ventilateur à réglage thermostatique. Mais il suffit souvent d'ouvrir les portes et les fenêtres de la maison vers la serre pour obtenir le même résultat. L'ouverture et la fermeture de ces portes, fenêtres ou évents au moment propice constituent une fonction régulière essentielle à la prévention de l'échauffement de la serre et du refroidissement excessif de la maison principale. Lorsque des rideaux isolants ou des volets sont déployés la nuit pour réduire la perte de chaleur de la serre, ils doivent être enlevés le matin pour permettre à la serre de jouer encore une fois le rôle d'un réchaud solaire et d'un milieu de croissance. Le réglage de ces évents, fenêtres et portes doit se faire régulièrement si la serre doit devenir un réchauffeur d'air efficace. Les 5 à 10 minutes par jour nécessaires à cette manoeuvre peuvent se transformer en inconvénient selon votre style de vie.

Pour entretenir une production d'aliments à longueur d'année dans une serre familiale typique, il faut consacrer en moyenne de 1 à 1 h 1 2 par jour pour effectuer les opérations régulières susmentionnées. Cet investissement de temps augmente quelque peu au cours des brèves périodes de la plantation, du repiquage et du renouvellement des cultures.

Si l'on doit s'absenter de la maison pendant la journée, mieux vaut songer à installer des ventilateurs automatiques pour faire circuler l'air entre la maison et la

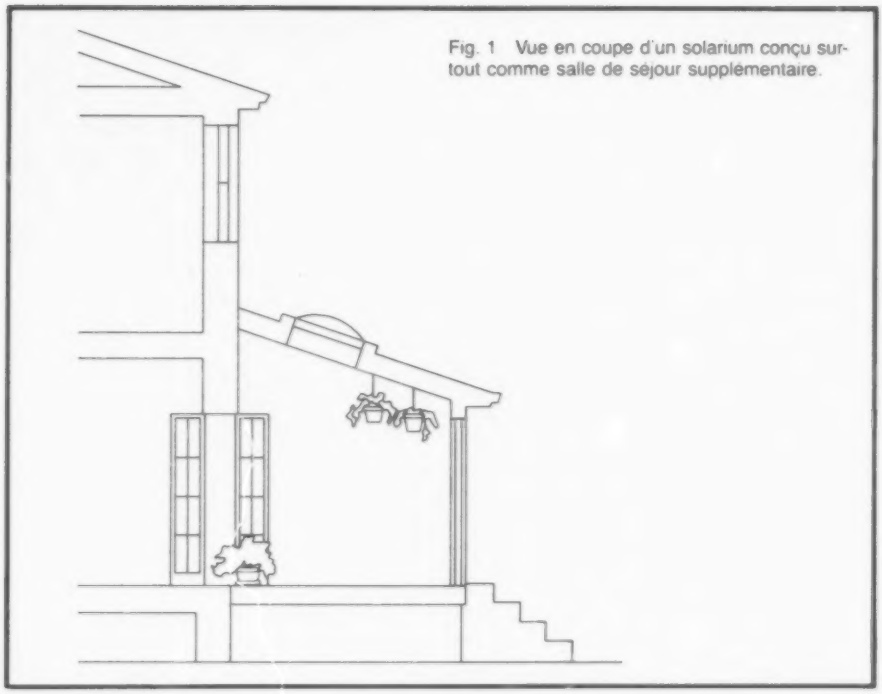


Fig. 1 Vue en coupe d'un solarium conçu surtout comme salle de séjour supplémentaire.

serre lorsque la température de la serre dépasse une certaine limite. Pour les propriétaires de maisons qui doivent souvent s'absenter pour plusieurs jours à la fois, les corvées quotidiennes de l'entretien d'une serre peuvent devenir un fardeau à moins qu'ils puissent se permettre d'installer des systèmes d'arrosage, d'isolation et de chauffage automatiques ou qu'ils puissent compter sur les services d'un voisin fiable et serviable en leur absence.

Coût

Dans cette publication, tous les coûts mentionnés sont basés sur les prix de 1982. Les coûts de construction des serres solaires et économes d'énergie peuvent varier énormément selon la somme de travail que vous faites vous-même, la taille de la serre, la quantité de matériaux que vous pouvez grappiller et la qualité des matériaux que vous achetez. Selon les matériaux utilisés et d'autres contraintes de conception, les coûts de construction par mètre carré d'espace-plancher peuvent fluctuer de 30 $ à 1 000 $. La plus basse estimation représente une serre construite par le propriétaire à l'aide de matériaux re-

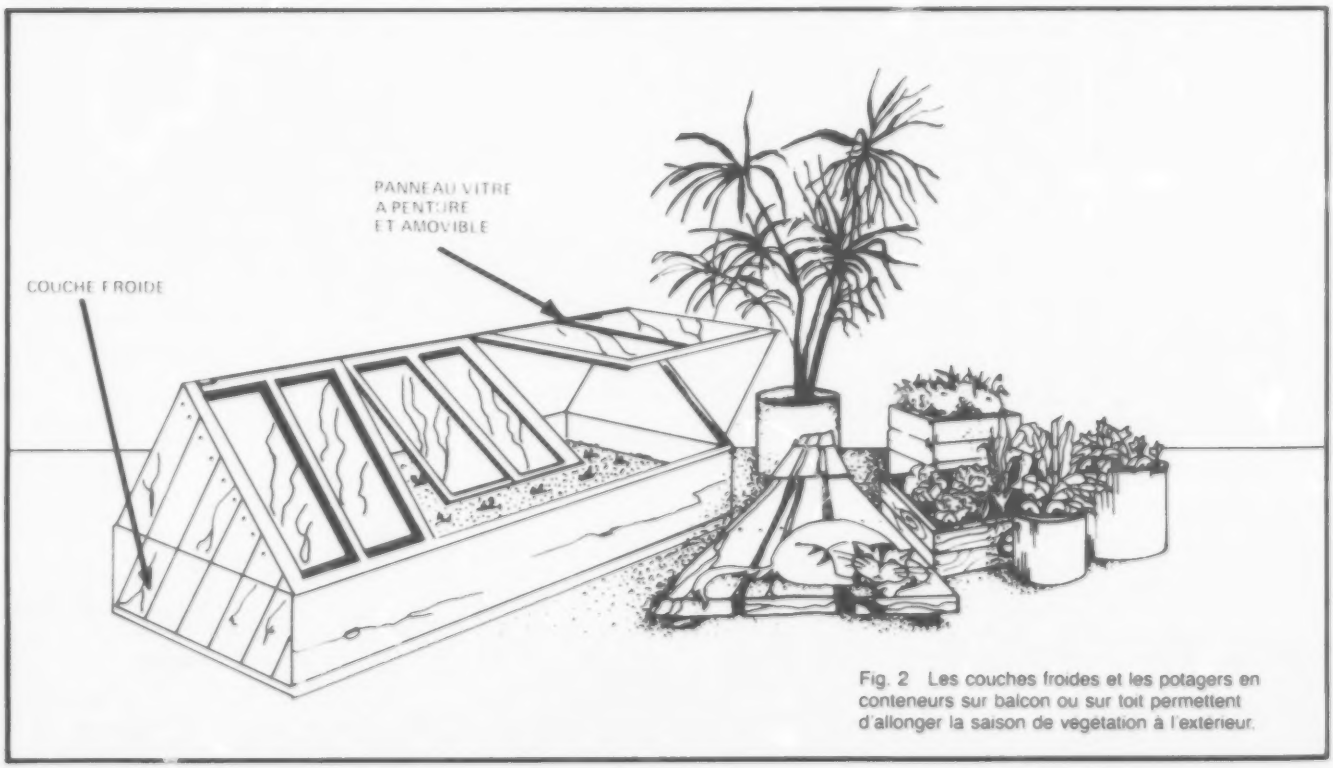


Fig. 2 Les couches froides et les potagers en conteneurs sur balcon ou sur toit permettent d'allonger la saison de végétation à l'extérieur.

cyclés et d'un film de polyéthylène. En revanche, l'estimation supérieure est typique d'une installation chère sur mesure (fig. 3) et construite par un entrepreneur à l'aide de matériaux neufs et de qualité supérieure, incluant souvent certaines caractéristiques spéciales comme des sections en verre bombé reliant le toit aux murs. Les serres en appentis coûtent généralement moins cher que les structures autonomes car elles sont construites contre un mur déjà existant. Les systèmes de ventilation et de chauffage automatiques sont plus onéreux que les systèmes manuels. D'une part, l'utilisation de matériaux bon marché moins durables aide à maintenir les coûts initiaux à un plus bas niveau, mais il faut également songer au coût de remplacement. Le film de polyéthylène en est un exemple. Il s'agit d'un matériau de revêtement bon marché, mais qui doit être remplacé tous les 1 à 3 ans selon l'épaisseur et le traitement du matériau. Le coût de la plupart des serres se situe généralement entre les deux extrêmes susmentionnés. La serre entièrement faite de matériaux neufs, y compris le polyester de bonne qualité à double épaisseur renforcé de fibre ou le vitrage isolant courant de portes de patio, les fondations en béton et les contrôles manuels, une serre en appentis bien construite par le propriétaire coûte environ 100 $ à 150 $ le mètre carré. Pour une serre de type familial de 20 m², le coût total s'établit autour de 2 000 $ à 3 000 $.

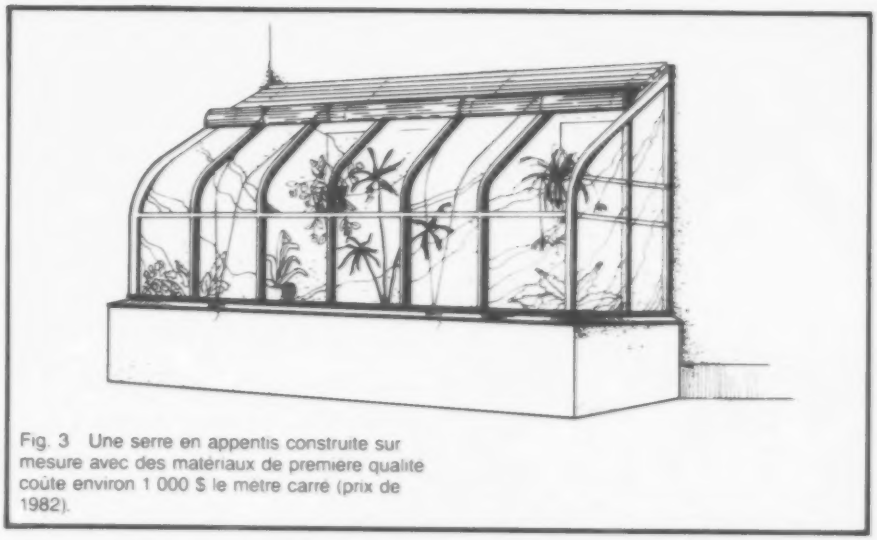


Fig. 3 Une serre en appentis construite sur mesure avec des matériaux de première qualité coûte environ 1 000 $ le mètre carré (prix de 1982).

Considérations juridiques

Lorsqu'on songe à construire une serre, un certain nombre de questions juridiques plus ou moins bien déterminées peuvent influer sur ce que vous pouvez réellement construire et sur l'emplacement où vous pouvez le faire. Seules quelques-unes de ces considérations sont susceptibles de modifier vos plans, puisque les codes et les règlements du bâtiment varient considérablement d'une collectivité à l'autre.

En règle générale, c'est le palier de gouvernement local, qu'il s'agisse de la ville ou de la municipalité, qui est habilité à adopter et à appliquer les codes et les règlements du bâtiment. Ces règlements locaux s'appuient généralement sur un ensemble de préoccupations de sécurité des structures, de protection contre l'incendie et d'hygiène, ainsi que sur certains facteurs environnementaux et esthétiques. Dans la plupart des agglomérations urbaines du Canada, il faut détenir un permis de construction avant de commencer les travaux. L'incapacité d'obtenir un tel permis dans une municipalité qui applique ces codes du bâtiment pourrait entraîner l'imposition d'une amende ou, dans certains cas, la démolition automatique de la structure. Pour obtenir un permis de construction, il faut soumettre des plans de construction à l'inspecteur local des bâtiments qui déterminera s'ils satisfont les règlements actuels. Au chapitre de la complexité, ces plans peuvent varier de simples croquis en clair à des plans et devis techniques ou architecturaux complexes. Le permis de construction est généralement peu coûteux, bien que dans certaines juridictions, le droit imposé soit fonction de la valeur de la construction. Certains permis supplémentaires peuvent également être nécessaires pour l'installation de la plomberie et de l'électricité.

On peut se procurer des copies des codes et des règlements du bâtiment locaux auprès de bureaux municipaux du gouvernement. Mais le fait de parler à d'autres propriétaires des environs qui ont récemment construit des ajouts à leurs maisons pourrait peut-être vous aider à déterminer le meilleur moyen de passer par la filière officielle dans votre région.

Pour éviter toute possibilité de voir un bon projet rejeté par un agent de réglementation local à cause de son inexpérience des serres solaires, peut-être votre serre aurait-elle avantage à être décrite sous une forme plus traditionnelle, comme par exemple un solarium ou un balcon fermé. L'estampille et la signature d'un architecte ou d'un ingénieur professionnel reconnu sur les plans et devis pourraient également s'avérer utiles. Dans une petite agglomération urbaine ou suburbaine, mieux vaut songer à retenir les services de l'inspecteur en bâtiment dès le début du processus de conception. En outre, la tenue de rencontres périodiques avec les autorités pendant l'évolution du projet peut être de nature à accélérer l'approbation officielle des plans définitifs.

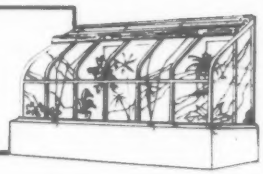
Des lois de zonage peuvent réglementer l'emplacement où vous pouvez construire votre serre, ainsi que son apparence. Ces règlements portent sur les usages autorisés pour la zone réglementée en stipulant si la propriété est de type résidentiel, commercial ou industriel. Ils mentionnent également le recul, les espaces libres latéraux, et la superficie maximale du lot touchant l'emplacement où vous êtes autorisé à situer la serre sur votre propriété. Ils peuvent également imposer certaines autres limites touchant, par exemple, un projet de serre installée sur le toit. Finalement, ils peuvent contrôler certains facteurs esthétiques susceptibles de nuire à l'apparence extérieure du bâtiment. Dans une agglomération planifiée, une subdivision ou un développement domiciliaire en copropriété, certaines clauses restrictives peuvent limiter les genres d'activités d'amélioration autorisées. Ces règlements, imposés par le promoteur ou une association de résidents du voisinage, ont souvent pour objet de maintenir une certaine conformité dans l'aspect extérieur des bâtiments. Étant donné que ces clauses sont

légalement exécutoires, vous feriez bien de les examiner attentivement avant d'amorcer le processus de conception.

La couverture d'assurance pour une serre solaire n'est généralement pas difficile à obtenir. De fait, votre police propriétaire combinée que vous détenez actuellement peut contenir certaines dispositions couvrant les nouvelles structures contiguës ou autonomes dès lors que ces structures se conforment aux codes locaux du bâtiment. Vérifier auprès de votre agent d'assurance avant de commencer la construction pour vous assurer que l'ajout est bien couvert par la police actuelle ou par un avenant spécial à la police. Il arrive que dans les régions urbaines, les compagnies d'assurance ne disposent pas de précédents ni de catégories dont elles peuvent s'inspirer pour évaluer la couverture supplémentaire. Les serres solaires ont été ainsi assurées comme des serres, des espaces contigus habités et inhabités, des systèmes de chauffage, des porches fermés et des bâtiments autonomes. Si vous êtes légalement tenu de construire la serre selon les codes locaux du bâtiment et que vous négligez de vous y conformer, votre compagnie d'assurance peut être justifiée de refuser toute réclamation faite relativement à la structure en question.

DEUXIÈME PARTIE

Construction d'une serre



Conception

Emplacement

Le choix d'un emplacement est probablement le facteur le plus important à considérer dans n'importe quel plan de construction d'une serre solaire ou économe d'énergie en milieux urbains et résidentiels. La quantité d'ensoleillement que reçoit la serre est directement fonction du degré d'ombrage jeté par les bâtiments environnants. Le choix de l'emplacement influe également sur le microclimat de votre serre. En effet, un mauvais choix pourrait poser des problèmes de drainage, de pollution et de sécurité. Qui plus est, les règlements de construction peuvent venir restreindre les choix qui s'offrent à vous.

Il vaut mieux que la serre soit située dans un endroit non ombragé une bonne partie de la journée, particulièrement en hiver. Les serres contiguës à un plus grand bâtiment devraient être situées sur le mur sud de la structure existante. Tout mur bien exposé face à n'importe quelle direction faisant un angle de 30 degrés au maximum par rapport au sud est satisfaisant. Pour une serre autonome, on peut se permettre un peu plus de latitude au chapitre de l'emplacement pourvu qu'il soit orienté dans l'axe est-ouest de sorte que la face principale du vitrage se retrouve au sud et que l'isolation permanente ou saisonnière soit appliquée au mur nord et au toit. Il faut également tenir compte de l'aspect pratique de l'emplacement d'une serre. Pour ce faire, mieux vaut appuyer la serre contre les salles de la maison principale qui nécessitent un apport supplémentaire de chaleur qu'elle peut produire ou la situer près de la cuisine où les fruits et légumes récoltés peuvent être convenablement et efficacement traités. Il est également recommandé de raccorder une serre contiguë à des fenêtres ou à une porte existantes permettant un accès direct à la serre à partir de la maison principale et des hublots de ventilation pour le contrôle de l'ambiance intérieure.

Les serres urbaines peuvent se construire au niveau du sol sur de bonnes fondations, ou sur un balcon ou une véranda, sur le toit d'une remise plate, d'un garage ou d'une maison. Tout endroit qui offre assez d'espace pour l'installation d'une serre assez grande pour subvenir à vos besoins, du moment que d'autres facteurs de conception sont bien intégrés, peut s'avérer satisfaisant.

Ensoleillement—L'ensoleillement est nécessaire pour fournir une bonne partie du chauffage d'ambiance de la serre. Il fournit également l'énergie lumineuse nécessaire à la croissance des végétaux. Afin de déterminer le meilleur endroit pour obtenir le maximum d'ensoleillement sur votre propriété, il est recommandé d'examiner la trajectoire du soleil dans le ciel et de noter les obstructions qui jettent de l'ombre au cours des diverses saisons et à divers moments de la journée. Les obstructions évidentes au rayonnement comprennent les bâtiments et les arbres avoisinants, et, un peu plus loin, les gratte-ciel et les collines. Ne perdez pas de vue que le soleil chemine différemment dans le ciel l'été et l'hiver. En été, il se lève au nord-est, trace un arc haut dans le ciel du côté sud et se couche au nord-ouest. En revanche, il se retrouve toujours au sud en hiver. Il se lève alors au sud-est, se rapproche de l'horizon sud dans le ciel et se couche au sud-ouest. Les arbres ou les bâtiments qui n'ombragent pas votre propriété en été peuvent bloquer directement les rayons solaires en hiver lorsque le soleil suit une trajectoire plus basse. Un peu d'ombre en été peut s'avérer bénéfique, mais mieux vaut éviter le plus possible l'ombrage en hiver.

Une fois l'emplacement choisi, estimez le nombre d'heures d'ensoleillement que la serre devrait recevoir à diverses époques de l'année. S'il y a trop d'ombre en décembre et en janvier, vous pouvez décider de ne pas utiliser la serre comme lieu de culture au cours de ces deux mois. Une autre solution consisterait à fournir l'éclairage complémentaire nécessaire dans la serre ou de changer d'emplacement au profit d'une zone plus ensoleillée.

Si vous avez le choix de situer votre serre au sud-est ou au sud-ouest de bâtiments existants, mieux vaut choisir l'orientation sud-est. En effet, du côté sud-est, le soleil commence à réchauffer l'espace de serre plus tôt le matin. Or, cette chaleur matinale provenant du soleil aide à protéger les plantes contre le gel et contribue à recharger plus rapidement le système de stockage thermique. Qui plus est, les plantes poussent mieux lorsqu'elles peuvent recevoir le rayonnement solaire du matin.

Microclimat—Le microclimat de votre emplacement est déterminé par les conditions météorologiques qui caractérisent l'emplacement particulier où vous choisissez de construire votre serre. Il peut différer sensiblement du climat enregistré à la station météorologique locale ou des conditions qui prévalent dans la rue qui passe près de votre maison, ou même des conditions qui caractérisent l'autre face de la maison. Le microclimat est en effet modifié par les bâtiments et la végétation environnants, la déclivité du terrain, les brise-vent et la couleur des bâtiments adjacents. Certains effets du microclimat peuvent s'avérer avantageux pour votre serre, alors que d'autres peuvent poser des problèmes.

En effet, certains microclimats peuvent être bénéfiques. Le fait, par exemple, d'installer la serre sur le côté sud d'un bâtiment existant la place dans une zone un peu plus chaude et souvent mieux protégée des vents qu'ailleurs. Les côtés sud des bâtiments absorbent plus de rayonnement solaire et peuvent également réflechir une partie de ce rayonnement sur le sol situé devant. En effet, le rayonnement réfléchi réchauffe l'air et le sol contigus à la face sud du bâtiment.

L'emplacement de la serre sur une pente orientée au sud offre les mêmes avantages que ceux précédemment décrits. En outre, les vents peuvent être moins violents sur une pente au sud et le sol, incliné plus perpendiculairement aux rayons incidents, absorbe plus de rayonnement et se réchauffe donc plus tôt au printemps et se refroidit plus lentement à l'automne.

L'emplacement de la serre choisi pour tirer profit des brise-vent disponibles peut également réduire considérablement les pertes de chaleur en hiver. Les bâtiments ou arbres et haies à feuilles persistantes situés à l'ouest et au nord de la serre jouent le rôle de brise-vent pour ralentir la vélocité du vent en hiver avant qu'il n'atteigne la serre, diminuent les infiltrations d'air froid et le facteur de refroidissement, abaissant par le fait même la facture de chauffage.

En revanche, l'installation de la serre de façon à tirer profit de la brise estivale aide à maintenir la serre bien ventilée, et partant plus fraîche en été. Les vents d'été ont tendance à venir du sud-ouest, alors que les vents d'hiver viennent davantage de l'ouest et du nord. Vous pouvez ainsi essayer de profiter de brise-vent situés au nord-ouest et d'une exposition sud-ouest pour assurer de meilleures conditions météorologiques à longueur d'année à l'emplacement que vous avez choisi.

Certains microclimats peuvent toutefois s'avérer préjudiciables. Par exemple, là où il y a beaucoup de neige en hiver, les accumulations de glace et de neige sur les toits représentent un risque potentiel pour le vitrage d'une serre située en contrebas.

L'installation d'une serre au voisinage d'édifices très élevés peut l'exposer aux vents violents qu'ils engendrent. Vous avez probablement déjà remarqué la grande vélocité des vents qui soufflent parfois autour de la base des gratte-ciel. Or, ces vents pourraient être dangereux pour votre serre, en plus d'accroître forcément votre facture de chauffage en hiver.

Il va sans dire que les clôtures, haies et autres obstacles avoisinants peuvent également entraîner la neige vers l'emplacement proposé pour votre serre. Vérifiez ces points de dérive et essayez autant que possible d'éviter d'y installer la serre.

Type

Les serres urbaines se subdivisent généralement en deux grandes catégories, soit en appentis ou autonomes. Les premières sont contiguës à un bâtiment existant en faisant usage des sections de mur ou de toit disponibles. Lorsqu'il n'existe aucun endroit convenable pour rattacher une serre à votre maison, ou lorsque les codes du bâtiment, les facteurs esthétiques ou les limites d'espace exigent des structures distinctes, la seule autre solution à envisager est alors la serre autonome. Les serres en appentis et autonomes peuvent être partiellement enterrées pour tirer profit de l'effet isolant du sol en hiver.

Comme on l'a déjà dit, les serres en appentis offrent plusieurs avantages. D'abord, elles sont généralement moins chères à construire. En outre, lorsqu'elles sont adossées à des murs exposés au sud, elles coûtent moins cher de chauffage. Elles agissent également comme un tampon pour la structure principale en réduisant les pertes de chaleur du mur sud de la maison. Finalement, il est pratique de pouvoir accéder directement de la maison principale à la serre, ce qui contribue à protéger les plantes du choc de refroidissement qui pourrait autrement survenir à l'entrée et à la sortie de bâtiments autonomes.

Forme

La forme de la serre dépend de plusieurs facteurs. Comme nous l'avons déjà dit, les deux principales fonctions d'une serre sont de fournir un environnement artificiel capable de produire des aliments à longueur d'année et de la chaleur supplémentaire pour la maison principale. Il arrive souvent que les considérations de forme se contredisent pour les serres destinées à remplir ces deux fonctions sous les climats rigoureux qui caractérisent nos hivers. Un autre facteur concernant la forme de la serre consiste à savoir si elle améliore l'apparence et la valeur du bâtiment auquel elle est rattachée ou de la propriété sur laquelle elle est installée. En outre, la forme de la structure peut jouer un rôle décisif pour savoir jusqu'à quel point elle pourra satisfaire aux besoins dans certaines limites d'espace. Chacune de ces questions est examinée ci-dessous en soulignant les aspects importants à retenir. Il n'en tient qu'à vous d'évaluer l'importance relative de chacun de ces facteurs dans votre propre cas. Si vos intérêts s'orientent principalement vers la production d'aliments, mieux vaut accorder la priorité à un éclairement optimal. En revanche, si vous êtes davantage préoccupé d'apporter une source supplémentaire de chaleur à votre maison, la forme de la serre devrait mettre l'accent sur l'accumulation de chaleur. Dans les deux cas, la forme de la serre devrait satisfaire aux critères d'esthétique et d'espace.

Collecte de la chaleur—Pour faire un bon capteur de chaleur solaire, la surface vitrée de la serre devrait être la plus perpendiculaire possible aux rayons du soleil au cours de la saison de chauffage hivernale. Cette orientation permet de maximiser l'énergie solaire incidente et de réduire les pertes par réflexion lorsque l'énergie calorifique est la plus en demande. L'angle optimal d'inclinaison du vitrage pour capter le plus de chaleur possible en hiver est d'environ 15 degrés de plus que la latitude de l'emplacement. Par exemple, à 50 degrés de latitude nord, la meilleure inclinaison pour le vitrage exposé au sud est de 65 degrés. Mais dans certains cas, cet angle doit être corrigé. Dans un endroit ensoleillé dont le sol au sud de la serre est couvert de neige une bonne partie de l'hiver, le rayonnement supplémentaire réfléchi par la neige peut être le mieux capté à l'aide d'un vitrage plus vertical. En revanche, dans un endroit généralement nuageux en hiver, une inclinaison plus faible, par exemple la latitude plus 10 degrés, peut être préférable. Dans les régions peuplées du Canada, du fait que le soleil est plutôt bas sur l'horizon en hiver, l'inclinaison du vitrage à partir de l'horizontale peut varier de 55 à 90 degrés.

Pénétration de la lumière—La quantité de lumière, plutôt que la chaleur, est souvent le facteur limitatif de la croissance végétale, en particulier dans les régions caractérisées par des hivers nuageux. En effet, un éclairement suffisant est nécessaire à longueur d'année pour favoriser la croissance continue des végétaux. Or, une serre dont le vitrage n'est situé que sur le mur exposé au sud et le toit ne permet pas à suffisamment de lumière de pénétrer à l'arrière de la serre par temps nuageux en automne et en hiver, de sorte que la croissance végétale dans ces zones ombragées et plus obscures en est limitée d'autant. Dans les régions du Canada caractérisées par des automnes et des hivers à prédominance de nuages, par exemple dans les environs du sud-ouest de la Colombie-Britannique et dans certaines parties du sud de l'Ontario et des provinces Maritimes, il faut que la lumière diffuse provienne d'une grande partie du ciel nuageux pour que les plantes de la serre disposent de la lumière nécessaire à leur croissance. L'inclinaison du vitrage exposé au sud peut donc être un peu plus faible, peut-être de 30 à 45 degrés.

Pour une serre autonome, le mur nord isolé et le plafond devraient avoir la forme nécessaire pour permettre à un maximum de lumière solaire d'atteindre l'arrière de la serre, et ce, autant en hiver qu'en été.

Pour une serre autonome, l'Institut de recherches Brace recommande que l'inclinaison de la surface nord égale l'angle le plus élevé atteint par le soleil dans le ciel pour l'emplacement de votre serre. L'élévation solaire est à son maximum à midi le 21 juin. Pour calculer cet angle, il suffit de soustraire votre latitude de 90 degrés et d'ajouter 23 degrés au produit de la soustraction. Par exemple, à Saskatoon qui est située à 52 degrés de latitude nord, le produit de la soustraction est de 90 degrés moins 52 degrés, ou 38 degrés. L'inclinaison du mur nord devrait donc être de 38 + 23 = 61 degrés. Cette inclinaison peut varier jusqu'à 10 degrés sans nuire sensiblement au rendement de la serre.

Dimension du plancher—Les serres solaires devraient avoir un plancher rectangulaire, le long axe orienté est-ouest. Pour les serres solaires en appentis, la

meilleure longueur est d'une et demie à deux fois la largeur. Ce rapport longueur/largeur est optimal pour le Canada car le sud est la direction dominante d'où provient le rayonnement direct du soleil et diffus du ciel. Par conséquent, les grandes surfaces vitrées exposées au sud peuvent capter ce rayonnement moyennant une moindre perte par réflexion que les surfaces semblables exposées à l'est et à l'ouest. Du fait que le gros de la lumière entre par le sud dans les serres agencées de cette façon, la distribution de la lumière n'est pas uniforme sur les plantes. Toutefois, la surface intérieure peinte en blanc du mur nord reflète beaucoup de lumière sur les plantes. De toute façon, pour une serre solaire dont la largeur est pratiquement égale à la longueur, il est virtuellement impossible que la lumière solaire puisse pénétrer en quantité suffisante dans toutes les parties de la serre à moins que les deux murs d'extrémité orientés vers l'est et l'ouest ne soient vitrés.

Profiter au maximum de l'espace de culture—Si les limites d'espace restreignent la surface utilisable de la serre solaire, il faut alors songer à une forme structurale comportant une surface vitrée fortement inclinée que couvre une partie du deuxième étage de la maison pour ménager une plus grande surface de réception de la lumière et plus d'espace pour cultiver les plantes. Certains végétaux peuvent se cultiver au sol et d'autres être suspendus en pots à diverses hauteurs dans la serre.

Amélioration de l'emplacement—Les serres solaires visuellement attrayantes et qui ne nuisent pas à l'apparence de leur entourage nécessitent une planification attentive et une grande minutie. La serre solaire en appentis devrait être une extension naturelle du bâtiment principal. Il faut donc voir à ce que le contour de l'ajout se marie parfaitement à celui de la structure existante. En revanche, les serres autonomes permettent une plus grande latitude au plan de l'esthétique des formes. Il n'en reste pas moins que ce genre de serre devrait se fondre dans son environnement.

Réduire au minimum les pertes de chaleur—Les pertes de chaleur attribuables à la forme de la structure sont moins importantes lorsque les surface murales et faîtières exposées de la serre sont réduites au minimum pour une surface utile donnée. Par conséquent, la forme la plus efficiente pour économiser l'énergie est celle offerte par le plan classique au plancher carré et aux surfaces faîtières inclinées à 25-39 degrés. Toutefois, une serre solaire carrée ne permet pas la pénétration d'une quantité suffisante de lumière du côté nord pour y maintenir la croissance des plantes. Compte tenu de ce qui précède, même si les besoins d'éclairement privilégient un plan à plancher rectangulaire, mieux vaut éviter une forme trop longue et étroite qui engagerait des coûts de chauffage inutilement élevés.

Compromis—Dans presque toutes les régions du Canada, il faut faire certains compromis dans la conception d'une serre solaire ou économe d'énergie, particulièrement si l'on tient compte des facteurs esthétiques, de l'accessibilité de la lumière, de la collecte de chaleur et de la perte de chaleur en ce qui a trait à l'emplacement choisi.

L'un des compromis qui réalise l'équilibre entre les critères opposés de la chaleur et de la lumière consiste à incorporer un vitrage à double inclinaison au mur sud. Cette double inclinaison s'obtient par la construction d'un mur nain vertical vitré allant du niveau du sol à une hauteur de 900 à 1 500 mm. À partir de là, une section de toit vitré est inclinée vers l'intérieur à un angle de 15 à 45 degrés par rapport à l'horizontale et est raccordée au mur du bâtiment principal (pour les structures en appentis) ou à un plafond incliné vers le nord (pour les serres autonomes). Le vitrage vertical du mur nain contribue à augmenter le gain de chaleur en hiver tandis que le vitrage du toit permet une meilleure entrée de la lumière diffuse par temps nuageux et une meilleure pénétration du rayonnement direct et diffus en été à l'arrière de la serre. Selon le microclimat qui caractérise l'emplacement, on peut choisir d'isoler la section supérieure vitrée de la serre la moins inclinée pour l'hiver et d'enlever l'isolant pour le printemps, l'été et l'automne. Cette solution est particulièrement avantageuse dans une région caractérisée par de nombreuses journées ensoleillées pendant l'automne et l'hiver.

L'installation d'un mur nain vertical ou fortement incliné face au sud offre une hauteur de passage suffisante, donne plus d'espace pour l'installation d'un accumulateur de chaleur et ménage un endroit à l'extérieur de la serre pour l'accumulation de la neige qui glisse le long du toit. Les modèles de serre dont les vitrages ou les parties de mur sont inclinés à un angle de moins de 60 degrés jusqu'au plancher n'offrent pas ces mêmes avantages. Mais ce genre de structure peut être plus facile à construire et à sceller hermétiquement puisque les joints sont moins nombreux, en particulier lorsque l'inclinaison du vitrage au même angle va jusqu'au plancher.

Taille

La taille, tout comme la forme, est un facteur déterminant dans la conception d'une serre solaire. La taille de la serre dépend du but recherché. Elle est également fortement tributaire des limites d'espace de l'emplacement. Une serre installée sur un balcon, une véranda ou un toit de garage doit avoir des dimensions qui s'adaptent à l'espace disponible. En revanche, une serre en appentis ou autonome installée au sol offre une plus grande marge de manoeuvre.

Pour réduire sensiblement les coûts de chauffage d'une maison, une serre solaire en appentis devrait être dotée d'une surface vitrée représentant au moins 10 % de la surface de plancher de la maison principale. Pour une surface utile de 180 m^2 par exemple, la surface minimale de vitrage nécessaire est d'environ 18 m^2.

Les serres solaires utilisées comme source principale de production d'aliments nécessitent une surface utile d'environ 6 m^2 par personne. Cette surface ménage suffisamment d'espace pour les passe-pieds et les dispositifs de stockage de la chaleur dans la serre. Pour une famille de quatre, il faut donc songer à une serre de 24 m^2.

En revanche, la serre qui n'est utilisé que pour compléter les approvisionnements de légumes pendant l'hiver peut être réduite de moitié. En règle générale, les plus petites dimensions jugées pratiques sont de 2,5 × 4 m pour une serre en appentis et de 3 × 6 m pour une serre autonome. Les serres de plus petite dimension occasionnent des coûts de construction et de chauffage d'appoint trop élevés pour la surface de culture limitée qu'elles offrent. Toutefois, ces restrictions de taille minimale ne s'appliquent pas aux serres construites sur un balcon ou une véranda.

Éclairement

Pour maximiser la quantité d'énergie lumineuse obtenue par le vitrage, l'ossature doit être aussi légère que possible tout en ayant la résistance nécessaire. Les lourds supports de vitrage des constructions à poteaux et à poutres, bien que résistants et bon marché, ont tendance à réduire la pénétration du rayonnement solaire dans la serre. En outre, chaque épaisseur de vitrage installé réduit également la quantité de lumière qui pénètre à l'intérieur. Cependant, le double vitrage permet de maintenir les pertes de chaleur à un niveau raisonnable. La question de savoir s'il vaut la peine d'installer une troisième épaisseur pour réduire davantage les pertes de chaleur dépend de la nature des végétaux que vous voulez cultiver pendant l'hiver lorsque l'intensité lumineuse est plutôt faible. Les plantes vertes peuvent généralement tolérer les plus faibles éclairements qui découlent de l'installation d'un triple vitrage. Mais pour la production de légumes, l'installation d'un triple vitrage pourrait être de nature à maintenir l'intensité lumineuse en deçà du seuil nécessaire. Ce rationnement de lumière pourrait durer assez longtemps en début de matinée et en fin d'après-midi pour abréger la photopériode en deçà du niveau acceptable afin d'assurer la croissance suffisante des plantes.

Le degré de translucidité du vitrage n'influe pas substantiellement sur l'intensité lumineuse à l'intérieur de la serre. En effet, les plantes poussent souvent mieux sous l'effet de la lumière plus diffuse qui entre par des vitrages translucides comme les polyesters renforcés de fibre (P.R.F.) et les films de polyéthylène qu'elles ne le font sous l'effet d'un rayonnement direct. Par contre, les gens préfèrent généralement le vitrage transparent.

Protection du vitrage

Les surfaces vitrées inclinées doivent pouvoir supporter les mêmes charges externes que les structures de toit ordinaires. Par exemple, dans les régions de fort enneigement, un vitrage faiblement incliné doit pouvoir supporter environ 1 kN/m² de neige. Seuls quelques P.R.F., acryliques et vitrages en verre trempé peuvent supporter ce poids et, pour ce faire, ils doivent être bien supportés. Il est recommandé de bien examiner le mode d'emploi du fabricant et l'information figurant sur la garantie pour s'assurer que le matériau envisagé peut effectivement satisfaire aux besoins.

En cas de risque de chute de neige ou de glace de bâtiments adjacents sur le vitrage du toit, mieux vaut incorporer une section de toit pleine ou installer un vitrage incassable à cet endroit.

Certains matériaux de vitrage ne peuvent toutefois résister à l'exposition directe aux rayons ultra-violets du soleil. Ces matériaux peuvent néanmoins servir de couche intérieure dans l'utilisation de vitrage double ou multiple. Le vitrage extérieur plus onéreux est choisi en fonction de sa capacité de résister à la dégradation par les rayons ultra-violets et sert à protéger la couche intérieure.

Chaleur

La quantité de chaleur retenue par une serre solaire dépend partiellement de l'isolant installé dans les murs opaques et de l'étanchéité générale de la structure contre l'infiltration d'air froid. Les surfaces opaques de la serre ne justifient qu'un degré d'isolation moyen car les pertes de chaleur se font principalement par les surfaces vitrées. Dans la plupart des régions urbaines du Canada, une isolation équivalente à un matelas isolant de fibre de verre de 140 mm d'épaisseur dans un cadre de 38 × 140 mm est suffisante. Sous les climats plus doux, comme dans les régions de Vancouver et de Victoria, un cadre de 38 × 89 mm retenant un isolant de 90 mm d'épaisseur donnerait les mêmes résultats. Les isolants de fibre de verre et de polystyrène extrudé sont recommandés car ces matériaux résistent à des degrés d'humidité modérés qui pénètre par les parois. Mieux vaut éviter l'isolant de cellulose qui se détériore rapidement lorsqu'il prend l'humidité.

Inutile de dire qu'une serre ayant très peu de fuites d'air retient mieux la chaleur qu'une serre qui en a plusieurs. Pour assurer l'étanchéité générale des murs et du plafond isolés, utilisez un coupe-vapeur en polyéthylène de 100 µm à l'intérieur des poteaux et des chevrons et boucher tous les trous du polyéthylène avant d'installer le parement intérieur. Assurez-vous de l'étanchéité de la structure aux coins et aux bords du vitrage, du toit, des murs, de la fondation, des portes et des ouvrants en calfeutrant tous les joints et les fissures à l'aide d'un mastic à calfeutrer au latex ou au butyle.

Il est possible de réduire la grande quantité de chaleur perdue par le vitrage en isolant la surface vitrée pendant la nuit. On peut utiliser à cette fin des paillassons ou des volets, mais il ne faut pas oublier de ménager un espace dans votre plan pour entreposer ces couvre-vitrages pendant le jour.

Un système efficace de stockage de la chaleur constitue un élément important de la serre solaire. En effet, l'emplacement du matériel de stockage, le type, la quantité et son exposition au rayonnement solaire direct ou à l'air chaud circulant sont des facteurs de conception importants du double point de vue de l'utilisation efficace de l'espace et des besoins de chauffage d'appoint. Consultez la section intitulée «Systèmes de stockage thermiques» pour en savoir davantage.

Prévention de la pourriture

L'eau qui s'accumule et séjourne sur des surfaces en bois peut provoquer la pourriture. Il faut donc s'assurer que les faces intérieures et extérieures de la serre sont inclinées pour prévenir l'accumulation d'eau. Les surfaces intérieures doivent être toutes inclinées vers l'intérieur pour égoutter l'eau de condensation provenant de l'air humide de la serre.

Toutes les surfaces extérieures devraient être inclinées vers l'extérieur et légèrement vers le bas pour égoutter l'eau de pluie. Les bonnes inclinaisons sont particulièrement importantes en cas d'utilisation de fenêtres en bois recyclées et de tasseaux en bois horizontaux.

Une autre façon de prévenir la pourriture consiste à utiliser du bois imputrescible. Le séquoia, le cèdre ou le bois de construction traité ou peint sous pression au naphthanate de cuivre comme préservatif feront l'affaire. On recommande de ne pas utiliser de préservatifs au pentachlorophénol ou au créosote pour traiter le bois utilisé dans la serre car ces produits chimiques peuvent endommager ou même tuer les plantes.

Utilisez un bon matériau imperméable pour revêtir l'intérieur de la serre. Le lambris extérieur, le contre-plaqué extérieur et le placoplâtre imperméable sont tous acceptables. Le contre-plaqué intérieur, le placoplâtre ordinaire, le panneau-particule ou le carton-fibre, même s'ils sont bien traités et peints, ne sont pas recommandés. Ces matériaux se détériorent rapidement une fois l'enduit de surface fendillé.

La composante structurale la plus portée à pourrir est la lisse, c'est-à-dire la pièce de bois ancrée directement sur le dessus de la fondation. Utilisez toujours du bois imputrescible ou traité pour la lisse.

Pour protéger toutes les autres surfaces intérieures de bâti et de parement, appliquez une couche d'apprêt à l'huile de bonne qualité et deux couches de peinture extérieure. Apprêtez et peignez toutes les entailles pratiquées dans les membres de charpente et toutes les surfaces en bois qui serviront à supporter le vitrage. Une ou deux couches de peinture fraîche chaque année protégeront le bois et contribueront à maintenir une bonne réflexion de la lumière dans la serre.

N'utilisez que des clous galvanisés dans la construction de la serre. En effet, le fort taux d'humidité et de condensation qui règne dans une serre provoque la rouille des clous non galvanisés. En plus d'être désagréable à voir, la rouille peut éventuellement détériorer la tige du clou en réduisant sa capacité de rétention et en permettant l'entrée d'humidité qui fera pourrir le bois.

Modèles

Cette section décrit 11 serres solaires différentes susceptibles de s'adapter à divers emplacements urbains. Chaque plan renferme certains des éléments déjà examinés. Bien qu'aucun des exemples cités ici ne puisse correspondre exactement à tous points de vue à votre cas particulier, ils devraient néanmoins vous donner quelques idées à incorporer dans votre plan.

Serre solaire sur balcon (fig. 4)

On n'a transformé ce balcon en une serre solaire qu'après s'être assuré que la structure existante pouvait supporter sans danger le poids de la serre et de son contenu. Les calculs ont révélé qu'un double vitrage était trop lourd de sorte que le propriétaire a utilisé deux feuilles de chlorure de polyvinyle pour couvrir le mur sud et les parties vitrées des murs est et ouest. Le matériel utilisé pour le toit était du polyester ondulé renforcé de fibre revêtu à l'intérieur d'une feuille de polyéthylène. Le plancher du balcon était isolé par en dessous. Le plafond et environ la moitié de la surface de chacun des murs est et ouest étaient isolés.

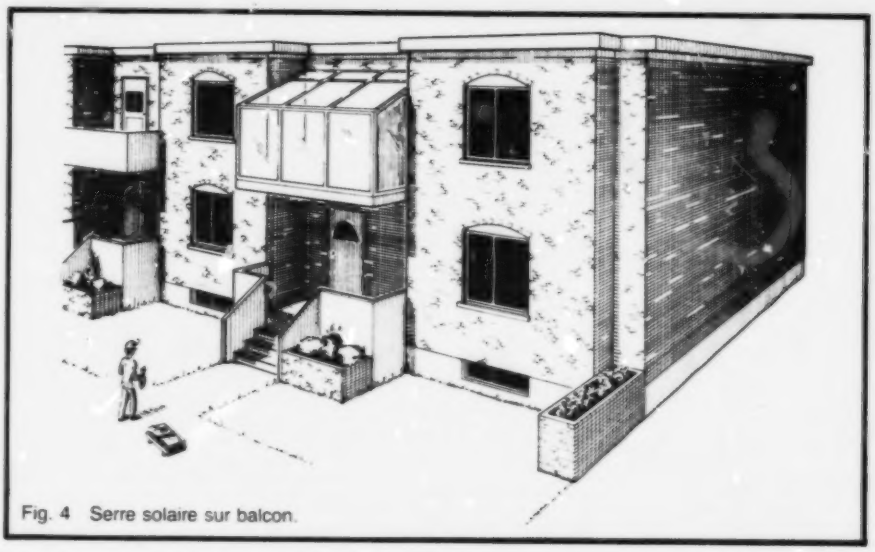


Fig. 4 Serre solaire sur balcon.

Le mur sud était construit à hauteur de passage pour faciliter l'accès à toutes les parties de la serre et pour permettre la polyvalence d'utilisation de ce nouvel espace de séjour. L'inclinaison du toit a été réduite intentionnellement pour éviter de devoir l'appuyer contre la partie supérieure non isolée du mur de briques du bâtiment principal. Une inclinaison plus forte qui aurait inclu cette partie supérieure du mur aurait nécessité l'isolation de la brique pour empêcher la perte d'une grande quantité de chaleur au profit de l'entretoit non chauffé. Compte tenu de cette faible inclinaison du toit, les propriétaires ont constaté qu'ils pouvaient économiser beaucoup d'énergie thermique en couvrant la partie vitrée du toit de panneaux isolants amovibles en hiver.

Les parties des murs vitrés orientés à l'est et à l'ouest, ainsi que la section non vitrée du toit, servent d'ouvrants. Ceux-ci, avec des dispositifs d'ombrage, aident à prévenir l'échauffement au printemps et en été. En outre, la porte qui ouvre sur le balcon assure les échanges d'air nécessaires entre le bâtiment principal et la serre.

Aucun accumulateur de chaleur n'est utilisé, mais le sol des jardinières et le mur de briques de la maison principale sont capables d'emmagasiner la chaleur.

Serre sur toit de garage (fig. 5)

Dans cet exemple, la structure originale du toit surbaissé du garage a été enlevée

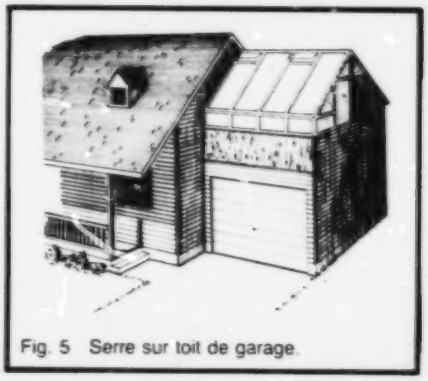


Fig. 5 Serre sur toit de garage.

et une nouvelle charpente a été installée pour supporter le plancher de la serre. Étant donné que le garage devait rester sans chauffage, le plancher de la serre a dû être bien isolé pour réduire au minimum les pertes de chaleur. On a utilisé un double vitrage pour toutes les surfaces vitrées et on a bien isolé le toit orienté au nord et les sections non vitrées des autres murs. Le mur original du bâtiment principal a été modifié en remplaçant une fenêtre par une porte et en pratiquant une large fenêtre face à la serre.

La circulation d'air entre la serre et le bâtiment principal est assurée par l'ouverture de la porte et le fonctionnement d'un ventilateur à circulation. Pour prévenir l'échauffement en été, il suffit d'ouvrir les ouvrants de vitrage et d'utiliser un ventilateur d'extraction monté près du faîte de la serre.

Fig. 6 Transformation d'une véranda en serre.

L'angle de 40 degrés du vitrage permet à la neige de glisser et l'empêche de s'accumuler. Un paillasson isolé est déroulé sur la face intérieure du vitrage au cours des nuits hivernales pour réduire les pertes de chaleur.

La chaleur est emmagasinée dans six tonneaux de 200 L remplis d'eau et installés à l'arrière de la serre. Une plinthe chauffante à contrôle thermostatique sert à maintenir la température au-dessus de 10 °C.

Transformation d'une véranda en serre (fig. 6)

Dans cet exemple, la véranda était d'abord ouverte sur deux côtés et le toit de la maison le couvrait. Pour cette serre, les fondations en béton de la maison ont été agrandies et un plancher a été construit à même une dalle en béton de 150 mm d'épaisseur installée sur un lit de gravier. L'extérieur de la fondation a été isolé. L'inclinaison du toit de la serre est la même que celle de la maison. La moitié supérieure du toit de la serre, qui servait auparavant de toit de la véranda, a été laissée intacte, hormis l'isolation. Des lanterneaux transparents ont été installés juste en dessous de cette partie pleine ou opaque du toit. On a utilisé une feuille de polyester ondulé renforcé de fibre à l'extérieur pour construire le reste de ce toit faiblement incliné. Les calculs ont révélé que ce matériau serait assez résistant pour supporter l'épaisse couverture de neige qui caractérise cette région. Le reste de la serre a été couvert d'un double film de polycarbonate.

La structure existante de la maison n'a pas été modifiée. En effet, la porte et les fenêtres qui donnaient sur la véranda font maintenant face à la serre et, ouvertes, assurent une circulation d'air suffisante. La ventilation d'extraction par temps chaud est assurée par une porte située du côté ouest donnant directement dans la serre, ainsi que par des lanterneaux installés sur le toit.

La chaleur est stockée dans le plancher en béton et dans une rangée de tonneaux verticaux remplis d'eau placés sous des bâches à l'avant de la serre. Des plinthes chauffantes fournissent la chaleur d'appoint nécessaire.

Serre en appentis à mur nain vertical (fig. 7)

Cette serre ressemble à la structure précédente, sauf qu'au lieu d'occuper l'emplacement original d'une véranda, la structure constitue un nouvel ajout adossé au mur sud. La serre englobe l'une des portes existantes et deux fenêtres de cuisine donnant sur la cour. Les panneaux sont constitués de vitrage isolant.

La ventilation naturelle d'extraction est assurée par les fenêtres basses verticales et la rangée supérieure de fenêtres du toit. L'air circule entre la maison et la serre par deux fenêtres pratiquées dans la fondation de la cave chauffée et par les fenêtres de la cuisine.

La nuit, le vitrage n'est recouvert d'aucun matériau isolant, mais certains hivers, les propriétaires ont dû installer un troisième vitrage temporaire composé d'un film de polyéthylène à l'intérieur de la serre. Bien que ce film plastique obstrue la vue pendant quelques semaines l'hiver, il s'avère un isolant efficace et n'a pas besoin d'être ouvert ni fermé quotidiennement.

La chaleur est emmagasinée dans des tonneaux remplis d'eau placés à l'avant de la serre près du vitrage vertical. La chaleur d'appoint est fournie par un ventilateur à contrôle thermostatique qui aspire l'air de la cave chauffée.

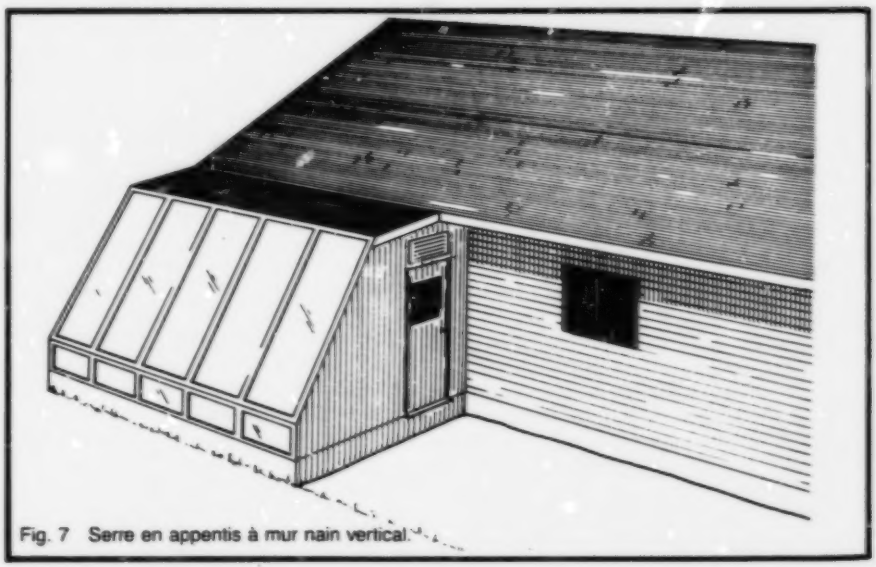


Fig. 7 Serre en appentis à mur nain vertical.

Fig. 8 Serre-fosse en appentis.

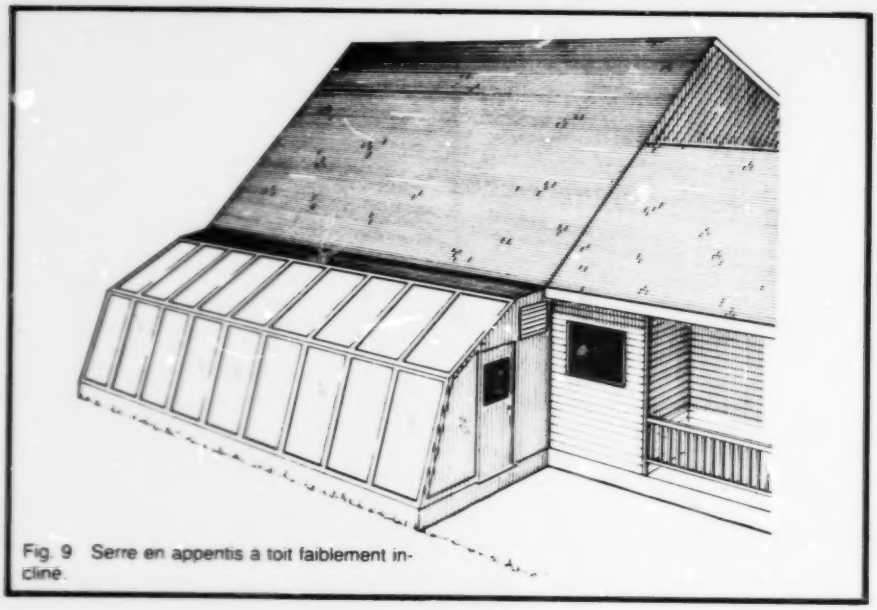


Fig. 9 Serre en appentis à toit faiblement incliné.

Étant donné que cette maison se situe dans une région caractérisée par une forte accumulation de neige, on a adopté la solution du mur nain vertical près du niveau du sol.

Serre-fosse en appentis (fig. 8)

Le plancher de cette serre est à 1 m sous terre pour profiter des effets isolants du sol à ce niveau. Les murs de fondation ont été isolés de l'extérieur jusqu'à une profondeur inférieure au niveau du plancher. Les murs et le toit presque horizontal ont également été isolés. Le matériau de couverture utilisé se compose d'un double vitrage de polycarbonate.

La ventilation est assurée par un ventilateur monté dans la partie supérieure du mur est, l'air entrant par une prise d'air surmontant la porte du mur ouest. Des fenêtres de fondation, une porte et un petit ventilateur au plafond assurent la circulation d'air nécessaire entre la serre et les pièces adjacentes du bâtiment principal.

Un isolant amovible fait de panneaux sandwich de contre-plaqué et de polystyrène recouvre tout le vitrage la nuit. Lorsqu'il ne sert pas, cet isolant est empilé soigneusement à l'intérieur le long du mur est.

La chaleur est stockée dans deux rangées de tonneaux remplis d'eau empilés l'un par dessus l'autre le long du mur arrière. Ces tonneaux sont peints en noir pour absorber le rayonnement direct du soleil. La chaleur supplémentaire est ensuite transférée à l'eau à partir de l'air chaud que des ventilateurs poussent pour le faire circuler autour des tonneaux. Il n'y a aucun système de production de chaleur d'appoint.

Cette serre se situe dans une région d'enneigement généralement faible de sorte que toute accumulation de neige doit être manuellement enlevée lorsqu'elle s'accumule contre la partie inférieure du vitrage.

La serre ne pose pas de problèmes d'infiltration d'eau sous le niveau du sol car elle est construite sur un sol bien drainé et déclive à partir de la maison.

Serre en appentis à toit faiblement incliné (fig. 9)

Cette serre est préfabriquée, vendue et installée par le fabricant. Le propriétaire a coulé la fondation en béton et l'a isolée. Le matériau de couverture utilisé est du vitrage isolant supporté par une ossature en aluminium anodisé.

La structure ne prévoit aucun échange d'air avec le bâtiment principal. L'intérieur de la serre est maintenu à une température minimale de 15 °C par un système de chauffage à l'eau chaude alimenté au gaz et à contrôle thermostatique.

L'emplacement de la serre reçoit en moyenne 2,5 m de neige en hiver. Toute accumulation de neige sur le toit faiblement incliné est rapidement fondue par les pertes de chaleur provenant de l'intérieur au travers du double vitrage.

Serre en appentis sur un mur est (fig. 10)

Faute d'espace pour pouvoir construire une serre sur le mur sud, le propriétaire a choisi de construire une serre contreventée à toutes fins utiles autonome contre le mur est de la maison. Pour éviter l'ombrage excessif du vitrage, le mur nain de la serre a été aligné avec le mur sud de la maison. Le premier mètre de serre contigu à la maison n'a pas été vitré, mais a été isolé.

Une dalle flottante a été utilisée pour la fondation. Cette technique est plus économique qu'une fondation périmétrique, mais ne convient qu'à un très petit nombre de types de sols. Le périmètre de la fondation a été isolé. Le mur incliné au nord a été aussi bien isolé. Le matériel translucide se composait d'un double vitrage de P.R.F.

Par temps chaud, la serre est ventilée par l'ouverture d'ouvrants pratiquée dans le mur nain vitré et du seul lanterneau situé au faîte du mur est. Les échanges d'air entre la serre et le bâtiment principal se font par un ventilateur d'extraction situé au niveau du toit et par une trappe de retour d'air frais au plancher.

Fig. 10 Serre en appentis sur un mur est.

Même si le vitrage n'est pas isolé, les plants sont couverts la nuit d'un film plastique aluminisé formant un tunnel au-dessus de chaque bâche de culture. Ces tunnels réduisent les pertes de chaleur par radiation des plants et du sol de sorte que seul l'espace entourant les plants a besoin d'être chauffé lorsque le chauffage d'appoint devient nécessaire.

La chaleur est emmagasinée partiellement dans la dalle en béton et en partie dans des tonneaux de 200 L remplis d'eau installés en travers à l'arrière de la serre et sous des bâches à l'avant de la serre. Le ventilateur dirige l'air chaud qui s'accumule au plafond vers le plancher en béton et autour des tonneaux.

Cette serre en appentis a été conçue pour la culture de légumes à longueur d'année et les angles du vitrage et du mur nord isolé ont été calculés en conséquence. L'angle des surfaces vitrées laisse toutefois pénétrer trop de rayonnement solaire et de chaleur dans la serre en été de sorte que le vitrage du toit est couvert à l'extérieur d'une claie à ombrer pour filtrer une partie du rayonnement solaire en été.

Serre classique modifiée autonome (fig. 11)

Une petite serre classique construite sur ce lopin de banlieue il y a plusieurs années a été modifiée pour la rendre plus économe d'énergie. Un seul vitrage en verre couvrait tous les côtés et le toit de la structure originale. Les nouveaux propriétaires ont complètement isolé le toit et le mur nord, et plus de la moitié des murs est et ouest. Ils ont également isolé le périmètre de la fondation jusqu'à la semelle. La surface vitrée restante a été calfeutrée et scellée, et un film de chlorure de polyvinyle clair a été installé à l'intérieur et bien scellé.

La ventilation est assurée par un ventilateur d'extraction surmontant la porte du mur est et par une prise d'air située près du faîte du toit ouest. La ventilation naturelle a été jugée trop onéreuse car il aurait fallu installer de nouveaux ouvrants de fenêtre, ainsi que des mécanismes d'ouverture et de fermeture de plusieurs panneaux vitrés du mur nain et du faîte du toit.

Aucun isolant ne couvre le toit la nuit, mais des tunnels de film plastique aluminisé comme dans l'exemple précédent servent en hiver à réduire les pertes de chaleur provenant des plants et du sol la nuit. Aucun chauffage d'appoint n'est assuré quand les hivers sont relativement cléments. La chaleur est stockée dans des tonneaux de 200 L remplis d'eau installés sur une seule rangée juste derrière le vitrage vertical et sur deux rangées contre le mur nord.

Des sections des murs est et ouest ont été vitrées pour permettre à la lumière de pénétrer plus haut près de ces deux murs qu'il n'aurait été possible autrement.

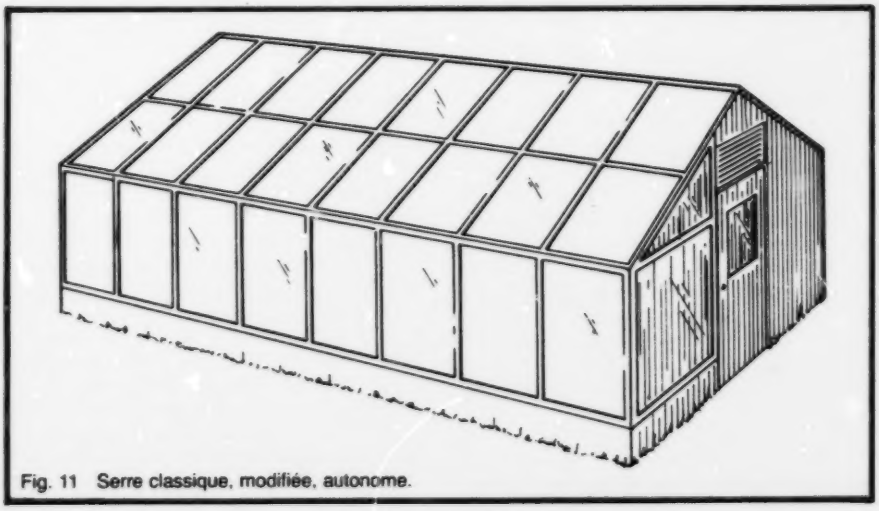


Fig. 11 Serre classique, modifiée, autonome.

Serre autonome à contreventement (fig. 12)

Cette serre relativement spacieuse a été construite sur un terrain vague en zone urbaine. Elle est exploitée par une association communautaire pour servir de potager presque toute l'année à plusieurs familles et pour démarrer des plants au printemps au profit d'autres résidents locaux. Les caractéristiques de la serre comprennent un mur nord bien isolé peint en blanc à l'intérieur pour refléter le rayonnement sur les plants, une fondation à poteaux, une construction à poteaux et à poutres, des bâches de culture au sol, un périmètre isolé de 600 mm dans le sol et des murs est et ouest complètement vitrés. Un double vitrage a été utilisé sauf pour les murs d'extrémité équipés d'un triple vitrage. Un film plastique renforcé de fibre de bonne qualité couvre l'extérieur et un film de polyéthylène couvre l'intérieur. Ce dernier est enlevé à la fin du printemps, en été et au début de l'automne. La serre reste inutilisée du début de décembre jusqu'à la mi-février.

La ventilation en été est assurée par des ouvrants situés à des niveaux inférieurs et supérieurs du vitrage et, au besoin, par un ventilateur d'extraction et une prise d'air situés chacun sur un mur d'extrémité. À la fin de l'automne, à la fin de l'hiver et au début du printemps, la ventilation se fait par deux échangeurs de chaleur air-air situés près des murs de bout.

La chaleur est emmagasinée dans de grands tubes remplis d'eau et drainables installés le long du mur nord. La serre ne comprend aucun chauffage d'appoint.

Grande serre autonome (fig. 13)

Les propriétaires d'un lot de ville de 10 × 13 m n'ont pu construire une serre solaire en appentis à leur résidence à

cause des limites d'espace. Ils ont dû se contenter d'une serre autonome située dans la cour.

Ils ont construit les murs est, ouest et nord en parpaing (blocs de ciment) reposant sur une assise en béton. Le plancher se compose d'une dalle en béton coulé de 200 mm d'épaisseur. Le périmètre des murs de fondation est isolé jusqu'à la semelle. Les murs nord, est et ouest sont isolés à l'extérieur. Un double vitrage en verre sert de matériel de couverture. Les propriétaires ont installé eux-mêmes les deux feuilles de vitrage.

On accède à la serre par un vestibule. Ce sas protège les plants contre de brusques bouffées d'air froid. La serre est utilisée pour cultiver des plantes et à des fins récréatives à longueur d'année de sorte que les systèmes de ventilation et de chauffage sont d'une grande puissance. Toute la ventilation se fait vers l'extérieur. Elle est contrôlée en hiver par un échangeur de chaleur air-air et, en été, par un ventilateur d'extraction situé au faîte et par des prises d'air situées au plancher. La chaleur solaire est emmagasinée dans les murs en béton et dans deux caisses remplies de pierres. Ces caisses jouent également un rôle de support pour les bâches de culture. Un ventilateur achemine l'air chaud du plafond de la serre vers le bas jusqu'aux caisses. Plusieurs plinthes chauffantes à contrôle thermostatique fournissent de la chaleur d'appoint.

Le fonctionnement de cette serre pose toutefois un problème majeur. Les propriétaires avaient automatisé le chauffage, la ventilation et l'arrosage de sorte qu'ils pouvaient s'absenter pendant plusieurs jours à la fois, en particulier pendant l'hiver pour aller faire du ski. Malheureusement, l'emplacement est situé dans une région de fort enneigement. Au cours de certaines tempêtes de fin de semaine, la neige s'est rapidement accumulée contre le vitrage incliné, obstruant ainsi jusqu'à la moitié de sa surface utile. Puisque les parties de vitrage ainsi masquées devenaient inefficaces comme capteurs de chaleur et de lumière, la consommation d'électricité a considérablement augmenté pendant ces laps de temps. Ce problème aurait pu être sensiblement réduit si un mur nain vertical avait été intégré à la structure.

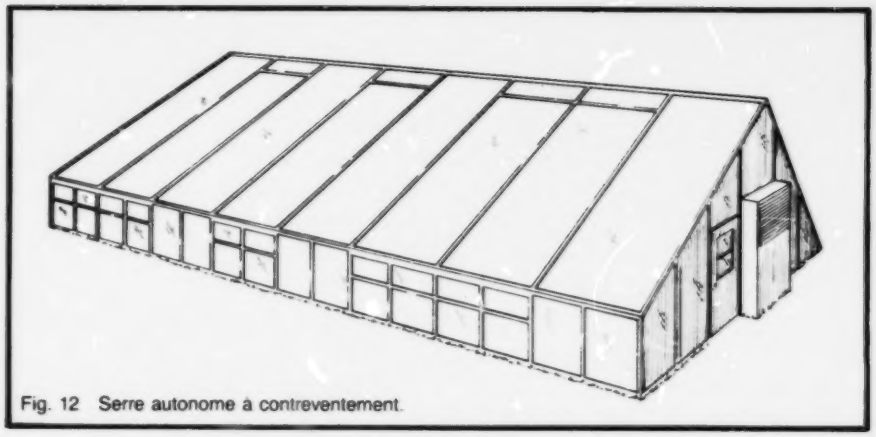


Fig. 12 Serre autonome à contreventement.

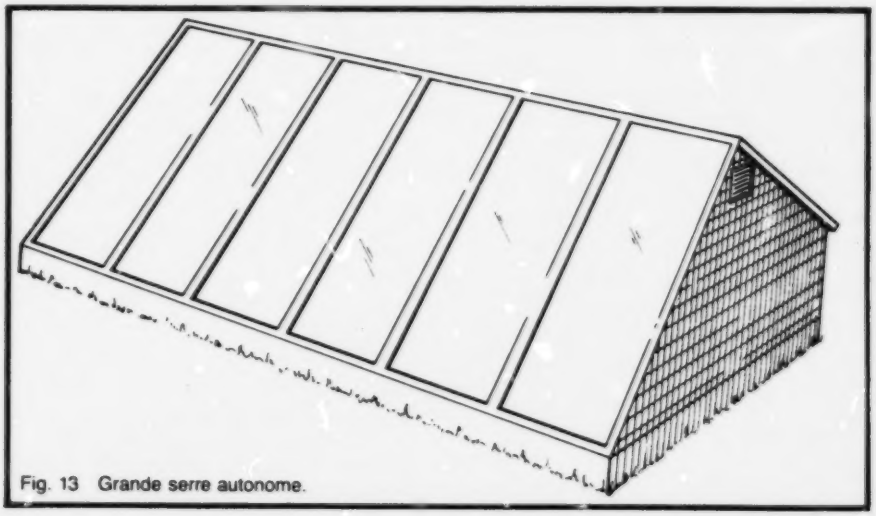


Fig. 13 Grande serre autonome.

Serre autonome pour les climats tempérés
(fig. 14)

Cette petite serre autonome est située dans un potager d'arrière-cour dans une banlieue très peuplée de Vancouver. Il n'y avait pas assez d'espace pour construire une serre en appentis sur le mur sud de la maison. En outre, la présence d'un garage et la proximité des maisons du voisinage et de la route rendaient impossible la solution de la serre en appentis.

Les murs est, ouest et nord de la serre ont été isolés. Le toit se compose d'un double vitrage en verre trempé et le matériau utilisé pour les autres surfaces, y compris celles des murs est et ouest, se compose d'un double vitrage en verre ordinaire. L'inclinaison très faible du toit est jugée satisfaisante pour le climat tempéré de la côte méridionale de la Colombie-Britannique où l'accumulation de neige est négligeable. L'extérieur des fondations superficielles est isolé jusqu'à 300 mm sous le niveau du sol.

La plantation se fait directement sur le sol qui sert de plancher. La ventilation est assurée par des ouvrants situés dans le bas des murs latéraux et dans le haut du toit. Il n'y a pas de ventilation à air pulsé. Par temps chaud, tous les ouvrants et la porte sont laissés ouverts.

La chaleur est accumulée dans quatre tonneaux de 2 L remplis d'eau et posés en travers sur le flanc à l'arrière de la serre. Des persiennes isolantes articulées par charnières contre le mur nord sont mises en place sur le vitrage du toit lorsque les

nuits sont froides. Les propriétaires exploitent la serre à longueur d'année sans chauffage d'appoint. Ils l'utilisent principalement pour cultiver des légumes verts de saison froide et des plants de début saison.

Particularités de construction

Fondation

La fondation peut se composer d'un mur, d'une série de piliers ou d'une dalle plate reposant sur une section de maçonnerie plus large et plus profonde appelée la semelle. La fondation supporte l'ensemble de la structure, tenant le bâtiment en place et l'empêchant de s'enfoncer ou de se déplacer latéralement. La semelle distribue le poids de la structure sur une grande surface. Les fondations et la semelle ancrent également le bâtiment au sol, fonction importante dans le cas des serres légères construites dans des régions caractérisées par une grande vélocité des vents.

Une fondation solide facilite la construction de la serre et assure la longévité et la stabilité de la structure. Puisque les serres sont généralement plus légères que les maisons ordinaires, leurs fondations n'ont pas besoin d'être aussi larges. En règle générale, le fonds de la semelle devrait reposer sous le seuil de gel pour éviter les problèmes causés par le déchaussement. Le seuil de gel peut atteindre jusqu'à 1 200 mm ou plus dans certaines régions urbaines du Canada. Un isolant de fondation bien installé aide à la protéger contre l'action de déchaussement de la gelée. Pour en savoir davantage, consultez la publication intitulée «Isolation thermique des maisons pour la conservation de l'énergie».

Les fondations devraient reposer sur un sol non remué pour éviter les problèmes causés par le tassement du sol un peu plus tard. Lors du creusage à l'intérieur ou à l'extérieur de la fondation installée, prenez soin de ne pas creuser sous la semelle.

Trois types de fondation sont examinés ici, soit le béton coulé (fig. 15), le parpaing de béton sur semelle en béton coulé (fig. 17) et les poteaux de cèdre (fig. 17). Les particularités de la construction sont résumées dans les figures 15 à 17 et les considérations générales figurent dans le texte. Pour de plus amples informations sur la construction de la fondation, consultez un spécialiste de votre région.

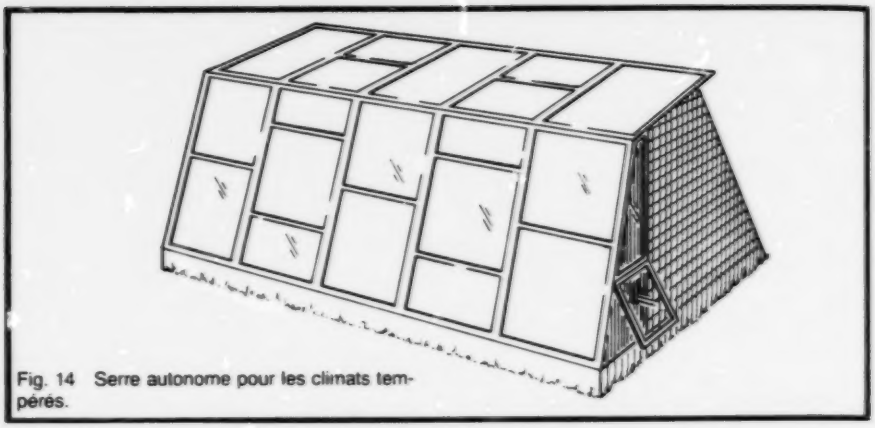


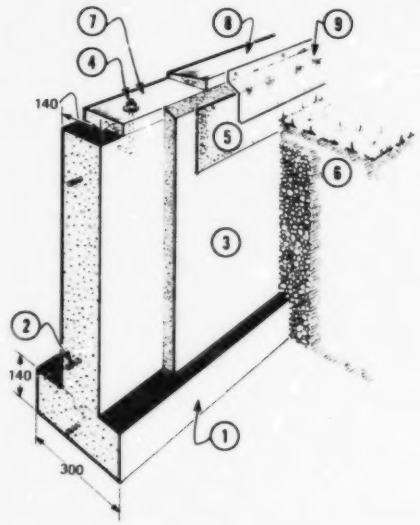
Fig. 14 Serre autonome pour les climats tempérés.

Commencez la fondation en nivelant une surface de dimension appropriée. Marquez les dimensions de la fondation en vous assurant que les murs périmétriques sont parfaitement carrés. Mesurez les diagonales pour vous assurer qu'elles sont de longueur égale. Creusez la tranchée appropriée ou des trous. Prenez soin de ne pas endommager les systèmes souterrains existants comme les tuyaux de drainage, les canalisations d'égout ou les câbles enfouis. Il peut être préférable de retenir les services d'un conducteur de pelle rétrocaveuse pour faire le travail. Il est ensuite recommandé d'installer les coffrages de la semelle le cas échéant (fig. 15 et 16) et de bien les étrésillonner pour les empêcher de bouger lors du coulage du béton. Dans le cas de semelles continues (fig. 15 et 16), installez des tiges d'armature 10M en les faisant chevaucher de 300 mm aux deux extrémités; attachez les extrémités à l'aide d'un fil de fer de gros diamètre. Coulez ensuite la semelle. Une fois ce travail terminé, installez le coffrage pour le mur de fondation (fig. 15) et étrésillonnez-le bien. Placez les boulons d'ancrage à intervalles de 1 200 mm (fig. 15 et 16), en les décalant pour ne pas les faire coïncider avec les points d'insertion des montants de la serre. Les boulons d'ancrage servent à ancrer la lisse basse, et donc le reste de la charpente de la serre, à la fondation. Pour la fondation à poteaux, installez une semelle en pierre ou en béton dans les trous creusés aux bons endroits. Alignez les poteaux et assurez-vous qu'ils sont verticaux. Damez ensuite fermement de petites quantités successives de terre dans les trous autour des poteaux. Continuez le remplissage et la compaction jusqu'à ce que les trous soient remplis et que les poteaux soient rigides. Pour en savoir davantage sur la construction des fondations, consultez l'illustration appropriée (fig. 15 à 17). Le sommet de la fondation doit dépasser d'au moins 150 mm le niveau du sol pour tenir le reste de la structure à l'écart de la terre humide.

Pour empêcher des pertes de chaleur excessives par la terre et les murs de fondation, isolez le périmètre extérieur de la fondation. L'épaisseur et la profondeur de l'isolant varient selon la rigueur du climat hivernal. Quoi qu'il en soit, sous presque tous les climats canadiens, il est recommandé d'utiliser une R.S.I. minimale de 1,76 jusque sous le seuil de gel. Dans les régions caractérisées par des degrés-jours de chauffage supérieurs à 5 000, utilisez un isolant à R.S.I. de 2,5. Le meilleur isolant est le polystyrène extrudé rigide de couleur bleue car sa résistance à l'humidité fait en sorte qu'on peut l'enterrer. Les panneaux de polystyrène blanc absorbent généralement un peu d'humidité et ne sont donc pas recommandés pour l'isolation de la fondation. Prolongez l'isolation au-dessus du niveau du sol assez haut pour couvrir la fondation exposée et la lisse de la fondation, sauf dans le cas des fondations à poteaux.

Pour protéger l'isolation extérieure des rayons du soleil et des avaries mécaniques, couvrez-le d'une latte métallique expansée recouverte de préférence d'un crépi de ciment. La latte devrait s'étendre du dessus de l'isolant jusqu'à 100 mm de profondeur sous le niveau du sol. Fixez la

Fig. 15 Semelle et mur de fondation en béton coulé.



1 PROFONDEUR DE LA SEMELLE SOUS LE SEUIL DE GEL OU SUR LA ROCHE-MÈRE
2 TIGE D'ARMATURE 10 M
3 ISOLANT RIGIDE RÉSISTANT À L'HUMIDITÉ ET BISEAUTÉ AU SOMMET
4 BOULONS D'ANCRAGE M12 DE 200 mm ESPACÉS DE 1 200 mm CENTRE À CENTRE POUR ANCRER LA LISSE BASSE À LA FONDATION
5 CRÉPI DE CIMENT OU CONTRE-PLAQUÉ TRAITÉ SOUS PRESSION
6 SOL DÉCLIVE POUR DRAINER L'EAU LOIN DE LA SERRE. REMPLISSAGE JUSQU'À 150 mm SOUS LE SOMMET DE LA FONDATION EN BÉTON COULÉ
7 LISSE BASSE TRAITÉE DE 38 x 140 mm
8 LISSE DE 38 x 140 mm DE LA CHARPENTE, BISEAUTÉE POUR ÉVACUER L'EAU
9 INSTALLER LE SOLIN UNE FOIS LA CHARPENTE DU MUR MONTÉE SUR LA LISSE BASSE

latte au mur de fondation par dessus l'isolant à l'aide de clous à béton et de rondelles métalliques. Recouvrez-la de ciment à l'aide d'une truelle. Au lieu de crépi, on peut utiliser du contre-plaqué traité sous pression ou des panneaux d'amiante-ciment.

La cas échéant, le solin va de la lisse au niveau du sol où il se termine par un larmier. Clouez le solin à la lisse basse du mur de charpente. Calfeutrez tous les joints du solin pour empêcher la pénétration de l'eau.

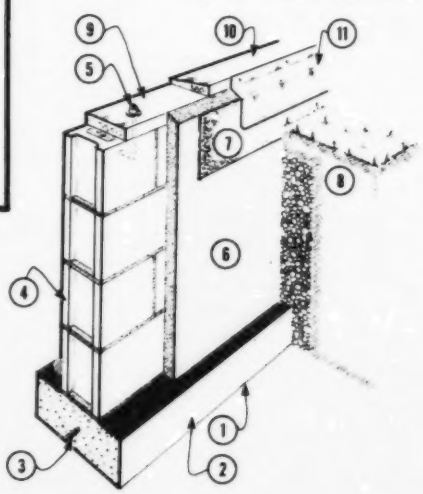
La fondation d'une serre en appentis n'a pas besoin d'être ancrée à la fondation de la maison existante.

Un nouveau système de fondation n'est pas un facteur pertinent à considérer lorsqu'il s'agit de construire une serre sur un toit plat ou une véranda. Il faut toutefois déterminer si la structure existante peut supporter la serre envisagée. Les serres de toit peuvent engager des coûts plus élevés et nécessiter un peu plus de travail que les serres au sol à cause du renforcement de la structure du toit de soutènement qui devient souvent nécessaire. La plupart des ajouts au toit doivent pouvoir résister à des charges causées par le vent pouvant aller jusqu'à 1.4 kN m² sur toutes les surfaces. La nouvelle structure doit donc être bien assujettie au toit de soutènement. Consultez un ingénieur en construction pour déterminer si la structure du toit a besoin d'être renforcée et si des matériaux légers sont obligatoires pour la construction, les systèmes de stockage de la chaleur et des milieux de culture.

Charpenterie

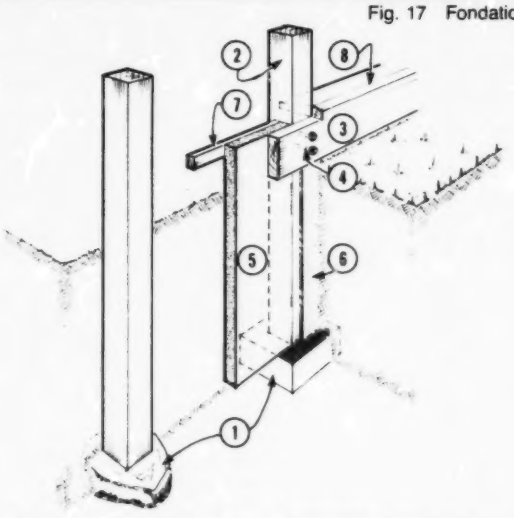
Charpenterie vitrée — Dans les serres, le bâti du vitrage est généralement intégré à la charpente de la structure. Le bâti sert à supporter le poids du vitrage et celui de la neige et du vent que l'on prévoit. Il est re-

Fig. 16 Mur de fondation en blocs de béton.



1 PROFONDEUR DE LA SEMELLE SOUS LE SEUIL DE GEL OU SUR LA ROCHE-MÈRE
2 SEMELLE DE 140 X 300 mm ARMÉE D'UNE TIGE D'ARMATURE TOUS LES 1 200 mm POUR COÏNCIDER AVEC L'ALIGNEMENT DES BLOCS DE BÉTON CREUX. LA TIGE VERTICALE DOIT ÊTRE ASSEZ LONGUE POUR PASSER DANS LA RANGÉE SUPÉRIEURE DE BLOCS. REMPLIR DE BÉTON TOUS LES TROUS VERTICAUX CONTENANT UNE TIGE D'ARMATURE
3 TIGE D'ARMATURE 10 M
4 BLOCS DE BÉTON CREUX
5 BOULONS D'ANCRAGE M12 DE 200 mm ESPACÉS DE 1 200 mm CENTRE À CENTRE DANS LES TROUS REMPLIS DES BLOCS DE BÉTON POUR ANCRER LA LISSE BASSE À LA FONDATION
6 ISOLANT RIGIDE RÉSISTANT À L'HUMIDITÉ ET BISEAUTÉ AU SOMMET
7 CRÉPI DE CIMENT OU CONTRE-PLAQUÉ TRAITÉ SOUS PRESSION
8 SOL DÉCLIVE POUR DRAINER L'EAU LOIN DE LA SERRE. REMPLISSAGE JUSQU'À 150 mm SOUS LE SOMMET DE LA FONDATION EN BLOCS DE BÉTON
9 LISSE BASSE TRAITÉE DE 38 X 184 mm
10 LISSE DE 38 X 184 mm BISEAUTÉE POUR ÉVACUER L'EAU
11 INSTALLER LE SOLIN UNE FOIS LA CHARPENTE DU MUR MONTÉE SUR LA LISSE BASSE

Fig. 17 Fondation à poteaux.



1 SEMELLE EN BETON OU EN PIERRE. PROFONDEUR DE LA SEMELLE SOUS LE SEUIL DE GEL OU SUR LA ROCHE-MÈRE
2 POTEAUX DE CÈDRE OU TRAITÉS SOUS PRESSION DE 89 X 89 mm ESPACÉS DE 1 200 mm CENTRE À CENTRE. LE SOMMET DES POTEAUX DOIT CORRESPONDRE AU SOMMET DU MUR NAIN OU AU SOMMET DU VITRAGE VERTICAL
3 PLANCHE DE SOUTIEN TRAITÉE SOUS PRESSION DE 38 X 140 mm BOULONNÉE AU POTEAU
4 BOULONS TRAVERSANTS
5 ISOLANT RIGIDE RÉSISTANT À L'HUMIDITÉ
6 CONTRE-PLAQUÉ TRAITÉ SOUS PRESSION POUR PROTÉGER L'ISOLANT
7 PIÈCE DE BOIS DE 19 X 38 mm POUR ASSUJETTIR L'ISOLANT À LA PLANCHE DE SOUTIEN
8 LISSE BASSE DE 38 X 140 mm TRAITÉE ENTRE LES POTEAUX, BISEAUTÉE POUR ÉVACUER L'EAU VERS L'INTÉRIEUR ET L'EXTÉRIEUR

NOTE: LE DIAMÈTRE MINIMAL DES POTEAUX RONDS DEVRAIT ÊTRE DE 150 mm

commandé de ne pas alourdir le bâti plus qu'il ne faut pour fournir le support structural nécessaire de sorte qu'il laisse pénétrer le plus de rayonnement solaire possible. Même si les bâtis métalliques sont résistants, ne bloquent pas beaucoup la lumière et sont disponibles chez les fournisseurs de serres, ils coûtent cher et il faut des spécialistes pour les installer. Seules les charpentes en bois sont donc recommandées ici pour la serre d'amateur. La plupart des gens ont l'expérience et le savoir-faire nécessaires pour concevoir et fabriquer leur serre en bois. Pour en savoir davantage sur la charpente en bois, on peut consulter l'ouvrage intitulé «Construction de maison à ossature de bois – Canada».

La charpente supporte le vitrage et toutes les parties pleines du toit et des murs de la serre. Elle sert également à ancrer la structure de la serre à la fondation et à tout bâtiment contigu. La charpente doit être assez résistante pour supporter le poids de toutes les charges prévues causées par le vent et la neige qui caractérisent votre région.

La taille des pièces en bois de la charpente détermine la charge qu'elle peut supporter. Le tableau 1 résume les portées approximatives jugées sans danger pour les divers membres de chevrons et précise le type de vitrage qu'ils peuvent supporter. Le tableau prévoit des charges modérées causées par la neige et le vent. Dans les régions de fort enneigement ou exposées à des vents violents, mieux vaut consulter un architecte ou un ingénieur en construction local pour s'assurer que la charpente envisagée peut supporter les charges prévues. La fig. 18 illustre la terminologie utilisée. De plus amples renseignements sur les dimensions des membres structuraux de la charpente en bois figurent dans l'ouvrage intitulé «Construction de maison à ossature de bois – Canada».

Pour les sections verticales vitrées des murs nains et d'extrémité, le support que doit assurer la charpente est généralement moindre que celui indiqué au tableau 1. Le verre trempé ou le double vitrage peut être bien supporté par des pièces de 38 × 89 mm. Pour que les murs de bout et que les parties non vitrées du toit puissent recevoir une isolation supplémentaire, vous pouvez décider d'utiliser des membres de 38 × 140 mm pour toute la charpente. Pour ce qui est des murs nains verticaux ou fortement inclinés, il est recommandé de supporter chaque chevron à son extrémité inférieure par une pièce de charpente en bois verticale ou fortement inclinée correspondante.

Utilisez du bois de bonne qualité pour les membres de charpente. Toutes les pièces en bois devraient être droites, non gauchies, tordues ni courbées. Les noeuds devraient être rares et on ne devrait voir aucun suintement de sève d'aspect désagréable.

Pour les pièces de charpente en contact avec l'humidité comme, par exemple, la lisse basse, utilisez du bois imputrescible comme le cèdre rouge ou le séquoia, ou du bois qui a été traité sous pression à l'aide d'un préservatif contenant du naphthanate de cuivre. En outre, assurez-vous que l'eau peut facilement s'égoutter de ces surfaces. Ne traitez pas le bois au créosote ni au pentachlorophénol. Reportez-vous à la section intitulée «Prévention de la pourriture» pour en savoir davantage.

Les figures 18 à 21 illustrent plusieurs possibilités de charpenterie. L'espacement centre à centre des chevrons et des poteaux de mur peut varier pour accommoder la dimension du vitrage utilisé dès lors que toutes les charges causées par la neige, le vent et le vitrage sont prises en compte.

La figure 18 illustre une structure à charpente typique utilisée pour des fondations continues comme le béton coulé, le parpaing en béton et les divers types de dalles. La figure 19 montre cette même charpente modifiée pour les serres en appentis. La figure 20 illustre une charpente qui s'adapte à une fondation à poteaux. La figure 21 présente la charpente utilisée pour une serre solaire autonome à contrevente.nent.

Pour les serres autonomes dont la surface utile dépasse 2,5 × 3,5 m, il est recommandé d'utiliser des attaches pour réunir les points milieux des chevrons opposés. Ces attaches sont nécessaires pour réduire l'écartement des murs et, par conséquent, empêcher le toit de s'effon-

Tableau 1 Portées acceptables pour les chevrons du toit en bois de construction plein*.

Dimension des chevrons (mm)	Vitrage	Espacement des chevrons (mm)	Portée des chevrons (mm)
38 × 89	simple vitrage	600	2.4
38 × 89	double vitrage ou simple vitrage trempé	600	2.4 avec support au milieu
38 × 89	simple vitrage	600	3.6 avec support au milieu
38 × 140	double vitrage ou simple vitrage trempé	900†	2.4
38 × 140	simple vitrage	600	3.6
38 × 140	double vitrage ou simple vitrage trempé	600	3.6 avec support au milieu
38 × 89	toit plein	400	2.4
38 × 89	toit plein	600	1.8
38 × 140	toit plein	400	3.6
38 × 140	toit plein	600	3.0

*Chiffres basés sur l'utilisation de bois de construction de catégorie nº 2 ou mieux.
†Représentatif de l'espacement centre à centre requis pour l'une des dimensions courantes des vitrages de portes de patio.

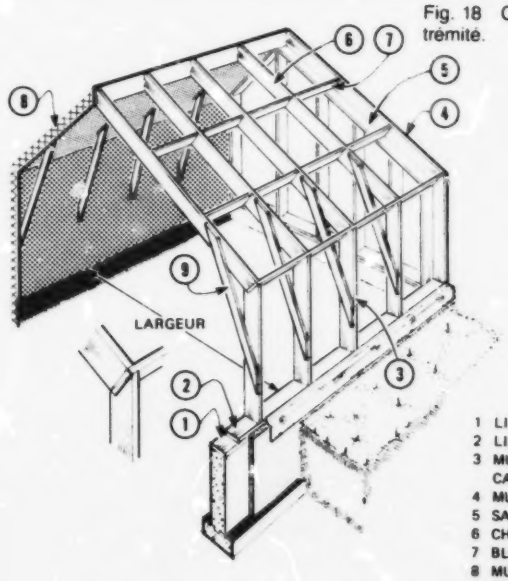


Fig. 18 Charpente du vitrage et du mur d'extrémité.

1 LISSE BASSE
2 LISSE BISEAUTÉE
3 MUR NAIN VERTICAL. CHARPENTE VERTICALE DE 38 X 140 mm
4 MUR D'EXTRÉMITÉ
5 SABLIÈRE DU MUR D'EXTRÉMITÉ
6 CHEVRONS DE 38 X 140 mm
7 BLOCAGE
8 MUR NORD ISOLÉ ET TOIT
9 CONTREVENTEMENT DE CHEVRON

drer. Elles peuvent être en bois ou en câble d'acier galvanisé, mais ce dernier matériau est préférable parce qu'il obstrue moins la lumière. En règle générale, mieux vaut ainsi attacher tous les deux chevrons de vitrage aux chevrons opposés de la partie de toit adjacente en son point milieu.

Pour les serres en appentis, une lisse à chevrons de 38 × 140 mm (fig. 20) est assujettie par des tire-fonds aux poteaux du mur de la maison. Cette lisse sert à supporter les chevrons de la serre.

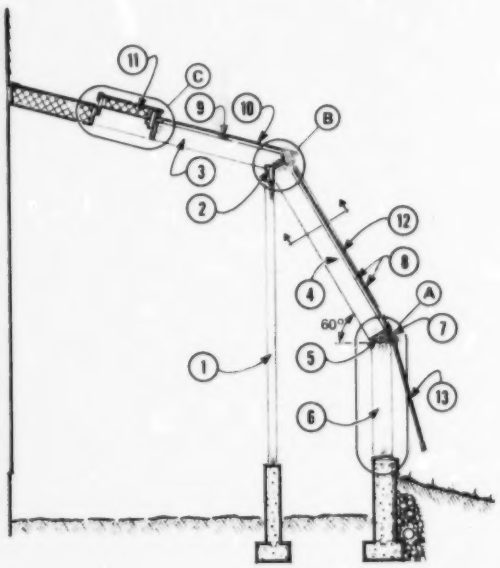
La charpenterie supplémentaire nécessaire pour supporter les divers types de vitrage disponibles est expliquée et illustrée dans la section intitulée «Vitrage».

Charpenterie et parement pour un toit et un mur pleins—Pour les parties pleines, c'est-à-dire non vitrées, des murs d'extrémité exposés, à l'est et à l'ouest, les parties non vitrées du toit et dans le cas des serres autonomes le mur nord et le toit, il est recommandé de suivre la pratique normale de construction à ossature. Utilisez le même espacement entre les chevrons et les poteaux que celui utilisé pour les surfaces vitrées, ainsi que des pièces de bois de même dimension. Assurez-vous de calculer si l'assemblage de chevrons et de poteaux peut supporter les charges prévues exercées par le vent, la neige et les matériaux des murs. Le tableau 1 résume les normes acceptables pour les chevrons qui entrent dans la charpenterie d'un toit plein.

Assurez-vous que la couverture intérieure de la serre est à l'épreuve de l'humidité car l'atmosphère de la serre est si humide que par temps très froid, la vapeur d'eau se condense sur les surfaces intérieures. Pour protéger les parties pleines des murs intérieurs et du toit, respectez les suggestions suivantes:

- N'utilisez que de l'isolant en fibre de verre ou en polystyrène;
- Utilisez un coupe-vapeur continu en polyéthylène attaché à la surface des poteaux et des chevrons;

Fig. 19 Charpente d'une serre en appentis montrant l'assemblage à larmier du mur nain et du débord de toit.



1 POTEAU DE 89 X 89 mm
2 POUTRE DE 2 X 38 X 140 mm
3 CHEVRON DE TOIT DE 38 X 140 mm
4 POUTRE DE SUPPORT DU VITRAGE DE 38 X 140 mm
5 ASSEMBLAGE DU DÉBORD DE TOIT DE 38 X 140 mm
6 SUPPORTS VERTICAUX DE 38 X 140 mm
7 SUPPORT CONTINU DE 19 X 64 mm
8 SUPPORT DU VITRAGE ET TASSEAUX DE 19 X 66 mm
9 SUPPORT DE VITRAGE
10 VITRAGE EN P.R.F.
11 OUVRANT ISOLÉ
12 VITRAGE ISOLANT TREMPÉ DE 860 X 1 930 X 16 mm
13 OUVRANT INFÉRIEUR ARTICULÉ PAR CHARNIÈRE, VITRÉ AU P.R.F.

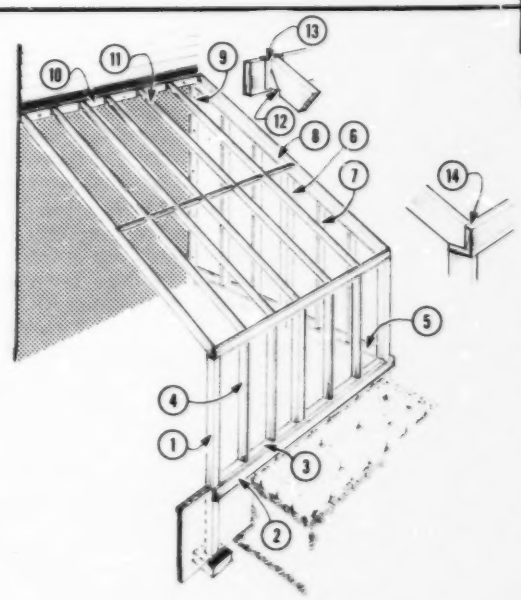
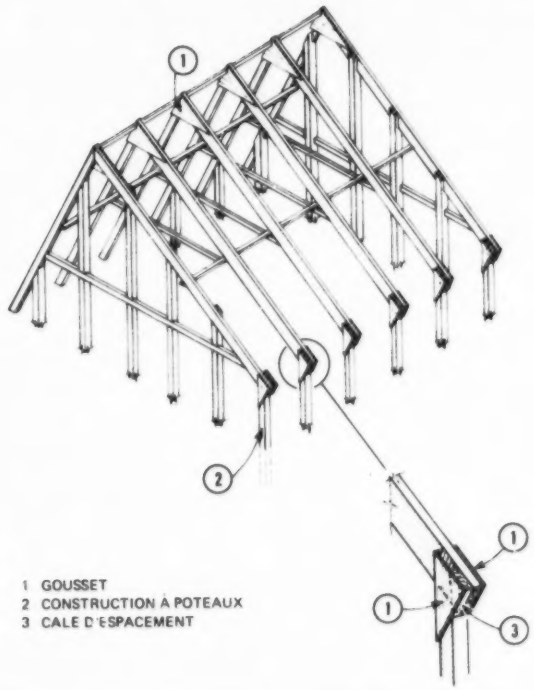


Fig. 20 Charpente du vitrage et du mur d'extrémité sur fondation à poteaux de bois.

1 POTEAU DE 89 X 89 mm, 1 200 mm CENTRE À CENTRE
2 PLANCHE DE SUPPORT DE 38 X 140 mm BOULONNÉE AUX POTEAUX
3 LISSE BASSE DE 38 X 140 mm BISEAUTÉE POUR ÉVACUER L'EAU VERS L'INTÉRIEUR ET L'EXTÉRIEUR
4 SUPPORTS VERTICAUX DE 38 X 89 mm
5 LISSE BASSE DE 38 X 140 mm DU MUR D'EXTRÉMITÉ BISEAUTÉE POUR ÉVACUER L'EAU VERS L'INTÉRIEUR
6 POTEAU DE 89 X 89 mm DU MUR D'EXTRÉMITÉ
7 SUPPORTS VERTICAUX DE 38 X 140 mm DU MUR D'EXTRÉMITÉ
8 SABLIÈRE DE 38 X 140 mm DU MUR D'EXTRÉMITÉ
9 PLAQUE DE 38 X 140 mm DU MUR D'EXTRÉMITÉ, BOULONNÉE AU MUR DE LA MAISON
10 LISSE À CHEVRONS DE 38 X 140 mm BOULONNÉE À LA MAISON
11 CHEVRONS DE 38 X 140 mm
12 ENCOCHE DANS LE CHEVRON POUR RECEVOIR L'ÉTRIER
13 ÉTRIER À SOLIVE
14 ASSEMBLAGE DU DÉBORD DE TOIT DE 38 X 140 mm, PARTIE SUPÉRIEURE BISEAUTÉE SELON LA PENTE DES CHEVRONS

Fig. 21 Charpenterie pour une serre autonome à contreventement.



- Utilisez des matériaux de revêtement extérieur à l'intérieur, comme des panneaux de placoplâtre imperméables, du lambris extérieur, du parement de salle de traite ou du contreplaqué extérieur;
- Utilisez des clous et des vis galvanisés qui ne rouillent pas et ne se décolorent pas;
- Apprêtez toutes les surfaces intérieures;
- Calfeutrez tous les joints, trous et fissures avec du mastic à calfeutrer au latex ou au butyle;
- Appliquez deux couches de peinture extérieure.

Isolez les parties pleines du toit et des murs avec un isolant à R.S.I. d'au moins 3,5. Étant donné que le gros des pertes de chaleur se fait au travers du vitrage, l'isolation du toit et des murs à l'aide d'un isolant à R.S.I. de 4,9 n'est rentable que si vous prévoyez installer un isolant de couverture la nuit.

Le parement extérieur des serres en appentis devrait épouser le revêtement extérieur de la maison. Pour empêcher un toit partiellement vitré exposé au sud de fuir, recouvrez le bord supérieur du vitrage du matériel de couverture utilisé pour la partie pleine. À cette fin, on peut acheter et installer un matériau à toiture en métal ondulé dont les ondulations correspondent à celles du P.R.F. Le métal ondulé devrait chevaucher le vitrage en polyester. Utilisez un scellant au silicone pour sceller les joints entre la toiture métallique et le vitrage.

Vitrage

Aucun matériel de vitrage actuellement disponible sur le marché ne peut satisfaire tous les besoins d'une serre solaire. Le meilleur choix d'un vitrage dépend de vos objectifs et de vos ressources. Idéalement, le matériau de vitrage devrait laisser pénétrer presque tout le rayonnement solaire incident tout en empêchant la chaleur radiante de s'échapper de l'intérieur. Il devrait être pratiquement anti-chocs pour pouvoir résister aux dégâts causés par la grêle et les jets de pierre. Il devrait également pouvoir supporter les fortes charges causées par la neige et le vent, résister à l'exposition à des conditions climatiques extrêmes pendant plusieurs années, ainsi qu'à l'abrasion, aux éraflures et à la corrosion chimique par les polluants atmosphériques. Le matériau devrait être facilement disponible, bon marché et peu coûteux à entretenir, facile à manipuler et à installer et avoir une belle apparence.

Le tableau 2 énumère les propriétés de la plupart des matériaux de vitrage qui conviennent à la construction de serres. Le tableau 3 compare certains des avantages et des inconvénients de ces matériaux. L'information contenue dans ces tableaux est principalement tirée du numéro de janvier 1982 du *New Shelter Magazine*. Les coûts sont basés sur les prix de détail demandés par divers fabricants et négociants au Canada au début de 1982.

L'apparence finale d'une serre en région urbaine est importante. À cet égard, un vitrage transparent est probablement préférable à une couverture translucide, en particulier pour une serre en appentis.

Le matériau de vitrage qui répond le mieux à ces exigences est le verre. L'un des types les plus en vogue est le double vitrage de verre trempé vendu pour remplacer les portes de patio. Disponibles en quelques grandeurs standards, ces vitrages sont souvent moins chers que les panneaux de fenêtres isolants ordinaires. Le verre comporte toutefois deux principaux inconvénients, soit son coût et sa fragilité. Lorsque le vandalisme pose un problème, le verre peut ne pas être le meilleur choix. En pareil cas, un bon plastique en polycarbonate s'avère plus résistant au bris, moins cher et plus facile à travailler que le verre. Cependant, le plastique n'est pas aussi durable que le verre. En effet, les rayons ultra-violets du soleil font en sorte qu'il tourne au jaune et devient cassant. Avec le temps, la poussière peut user la surface et les fluctuations de température ambiante peuvent la faire craquer.

Le vitrage de serre devrait avoir une haute transmittance au rayonnement solaire pour permettre la pénétration de la plus grande quantité de lumière possible dans la structure. Le matériel devrait également avoir une faible transmittance

Tableau 2 Propriétés de matériaux propres à un vitrage de serre*.

Vitrage	Installation	Durée utile (années)	Coût† ($ m²)	Transmittance solaire (%)	
				Simple vitrage	Double vitrage
Verre non trempé					
•feuilles plates rigides •plusieurs dimensions disponibles •épaisseur de 2 à 6 mm •transparent •transmittance dans l'infrarouge inférieure ou égale à 2 % •résistance aux chocs très faible	•monter les bords inférieurs sur des blocs de pose compressibles au néoprène •sceller les bords à l'aide d'un ruban au butyl ou d'un scellant au silicone •monter à la vertical ou près de la verticale	≥50	7–40	85–90	72–81
Verre trempé					
•mêmes caractéristiques que pour le verre non trempé	•mêmes directives que pour le verre non trempé •peut être monté à plus faible inclinaison	≥50	14–60	85–90	72–81
Acrylique, simple épaisseur					
•feuilles plates rigides •diverses dimensions disponibles •épaisseur de 3 à 6 mm •transmittance dans l'infrarouge inférieure ou égale à 6 % •transparent •température de service maximale de 70 à 90 °C	•utiliser des attaches à compression mécanique pour les quatre bords •prévoir la dilatation et la contraction dans le montage •ne pas boulonner ni clouer •n'utiliser que du silicone comme scellant	25	16–29	89	79

*Abréviations: IR, infrarouge; UV, ultraviolet

†Prix de 1982.

(*suite*)

Tableau 2 Propriétés de matériaux propres à un vitrage de serre (*suite*)

Vitrage	Installation	Durée utile (années)	Coût ($ m²)	Transmittance solaire (%) Simple vitrage	Transmittance solaire (%) Double vitrage
Acrylique, double épaisseur extrudé					
•feuilles rigides •largeur de 1 200 mm •longueurs maximales de 4 800 mm •épaisseur de 16 mm •transparent à translucide •impossible de voir au travers •transmittance dans l'infrarouge inférieur ou égale à 6 % •température de service maximale de 70 à 90 °C •résistance aux chocs moyenne	•mêmes directives que pour l'acrylique simple épaisseur, mais sceller les extrémités ouvertes des ondulations d'extrusion •utiliser un ruban en aluminium ou des bandes de scellement spéciales du fabricant	25 +	20–38	—	83
Polycarbonate, double épaisseur extrudé (feuilles épaisses)					
•feuilles rigides •largeur de 1 200 mm •longueur variable •épaisseur de 16 et 25 mm •translucide •transmittance dans l'infrarouge égale ou inférieure à 6 % •température de service maximale de 90 à 130 °C •résistance aux chocs élevée	•mêmes directives que pour les feuilles d'acrylique double épaisseur extrudées	10–15	37–75	—	74–77
Polycarbonate double épaisseur extrudé (feuilles minces)					
•feuilles rigides •épaisseur de 1 200 à 1 700 mm •longueur de 2 400 à 12 000 mm •épaisseur de 4 à 7 mm •translucide •transmittance dans l'infrarouge inférieure ou égale à 6 % •température de service maximale de 90 à 130 °C •résistance aux chocs élevée	•mêmes directives que pour les feuilles d'acrylique double épaisseur extrudées	10–15	13–24	—	74–77

(*suite*)

Tableau 2 Propriétés de matériaux propres à un vitrage de serre (*suite*)

Vitrage	Installation	Durée utile (années)	Coût ($ m²)	Transmittance solaire (%)	
				Simple vitrage	Double vitrage
Polycarbonate					
•feuilles plates rigides •diverses dimensions disponibles •épaisseur de 3 à 6 mm •transparent •transmittance dans l'infrarouge égale ou inférieure à 6 % •température de service maximale de 90 à 130 °C •résistance aux chocs élevée	•mêmes directives que pour les feuilles d'acrylique simple épaisseur	10–15	20–60	86	74
Butyrate d'acétate de cellulose					
•feuilles plates rigides •largeur de 915 à 1 830 mm •longueur de 1 800 à 3 000 mm •épaisseur de 1,5 à 6 mm •transparent •température de service maximale de 80 °C •résistance aux chocs moyenne	•mêmes directives que pour les feuilles d'acrylique simple épaisseur	10	7–19	90	81
Polyester renforcé de fibre de verre (P.R.F.)					
•feuilles souples, plates ou ondulées •longueur de 600 à 1 500 mm •longueur de 2 400 à 15 000 mm •épaisseur de 0,6 à 1,5 mm •transiucide •transmittance dans l'infrarouge de 2 à 12 % •température de service maximale de 90 °C •résistance aux chocs moyenne	•s'assurer que la fibre de verre recouvre les cadres de support d'au moins 20 mm •percer d'abord des trous pour les attaches •agrandir les trous d'attache de 3 mm pour prévoir la dilatation et la contraction •la quincaillerie de montage spéciale est disponible •la portée maximale non soutenue pour la feuille plate est de 750 à 900 mm et pour la feuille ondulée, de 750 à 1 200 mm	8–12	8,40–17	72–87	52–76

(*suite*)

Tableau 2 Propriétés de matériaux propres à un vitrage de serre (*suite*)

Vitrage	Installation	Durée utile (années)	Coût ($ m²)	Transmittance solaire (%) Simple vitrage	Transmittance solaire (%) Double vitrage
Polyéthylène					
•feuilles plates rigides •film mince •largeur de 900 à 12 800 mm •longueur maximale de 46 000 mm •epaisseur de 100 à 150 mm •translucide à transparent •transmittance dans l'infrarouge de 90 % •température de service maximale de 60 °C •résistance aux chocs très faible •durée utile de 8 mois •résistance aux rayons ultra-violets de 1 à 3 ans	•comme pour les murs simples •fixer à l'aide de tasseaux •envelopper autour du cadre de montage avant d'attacher par agrafage ou clouage •quincaillerie d'assemblage disponible •portée maximale non soutenue de 1 200 mm	0,66	0,30–0,55	90	81

Tableau 3 Acceptabilité de matériaux de vitrage de serre*.

Avantages	Inconvénients
Verre	
•excellentes transparence et apparence •excellente résistance aux rayons ultra-violets, aux intempéries et à la chaleur excessive •faibles dilatation et contraction thermiques •facilement disponible •incombustible et chimiquement inerte •faible transmittance dans l'infrarouge	•faible résistance aux chocs •le bris présente un risque pour la sécurité •lourd, nécessité d'un appui fort •difficile à manipuler sur place •nécessite une installation et un assemblage méticuleux •impossible de couper sur mesure le verre trempé

(*suite*)

Tableau 3 Acceptabilité de matériaux de vitrage de serre (*suite*)

Matériau	Avantages	Inconvénients
Acrylique		
	•bonnes transparence et apparence •bonne résistance aux rayons ultra-violets et aux intempéries •léger •assez facile à couper sur mesure •faible transmittance dans l'infrarouge •résistance modérée aux chocs	•fortes dilation et contraction thermiques •sensible à l'abrasion •ramollit sous l'effet d'une chaleur modérée •coût élevé
Polycarbonate		
	•forte résistance aux chocs •bonnes transparence et apparence •léger •faible transmittance dans l'infrarouge	•résistance discutable aux rayons ultra-violets et à l'abrasion •fortes dilatation et contraction thermiques
Butyrate d'acétate de cellulose		
	•forte résistance aux chocs •bonnes transparence et apparance •léger •résistance modérée aux chocs	•fortes dilatation et contraction thermiques •résistance discutable aux rayons ultra-violets et aux intempéries •ramollit sous l'effet d'une chaleur modérée
Polyester renforcé de fibre de verre (P.R.F.)		
	•très léger •résistance modérée aux chocs •facile d'installation et d'assemblage •facilement disponible	•résistance discutable aux rayons ultra-violets, à l'érosion superficielle et à la chaleur •exige occasionnellement un nouvel enduit de surface •fortes dilatation et contraction thermiques •gondolage difficile à éliminer
Polyéthylène		
	•très bon marché •facile à installer •plusieurs dimensions disponibles •très léger •perméable au CO_2 •très facile à couper sur mesure	•durée utile très brève •mauvaise résistance aux intempéries et aux rayons ultra-violets •fond sous l'effet d'une chaleur modérée •sensible aux dégâts causés par le vent •risque d'incendie •mauvaise apparence visuelle •facilement déchiré ou perforé •très forte transmittance dans l'infrarouge

*Abréviations: UV, ultra-violet; IR, infrarouge.

au rayonnement infra-rouge pour pouvoir empêcher la chaleur radiante de s'échapper à l'extérieur.

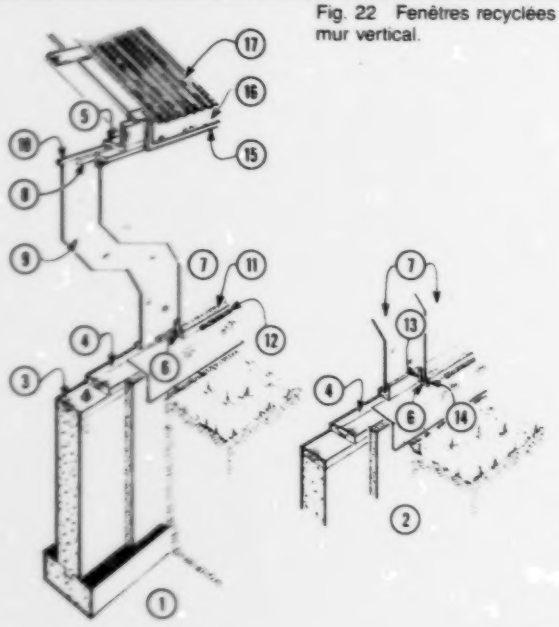
Le matériau d'usage choisi détermine également le type du système de support requis. Les vitrages lourds comme le verre exigent un système de soutien plus résistant que les matériaux plus légers comme le polycarbonate ou le film de polyéthylène, et les systèmes plus résistants ont l'inconvénient de bloquer davantage le rayonnement solaire. Un bon plan de serre tient compte du rapport entre le matériel de vitrage et sa structure de support pour profiter au maximum de la pénétration du rayonnement direct du soleil et diffus du ciel dans la structure.

Le vitrage intérieur de votre serre n'a pas besoin d'être du même matériau que la couverture extérieure. Un vitrage meilleur marché amovible peut s'avérer plus pratique à l'intérieur. Mieux vaut visiter quelques serres solaires dans votre région pour comparer l'apparence des divers types de vitrage disponibles et pour évaluer leur efficacité. Voici quelques renseignements nécessaires pour la bonne installation de certains des divers systèmes de vitrage disponibles.

Fenêtres recyclées—L'utilisation de fenêtres recyclées constitue une bonne façon d'abaisser les coûts. Mais mieux vaut ne les utiliser que sur les murs verticaux car les fenêtres ne sont pas conçues pour évacuer l'eau et la neige lorsqu'elles sont inclinées. Les fenêtres recyclées devraient être remises à neuf pendant l'installation. Raclez la vieille peinture, remastiquez, apprêtez et repeignez soigneusement. Installez-les comme l'illustre la figure 22-1. Disposez les arrêts de fenêtre de façon que la face extérieure de la fenêtre affleure la face extérieure de la charpente. Vissez les fenêtres en place de façon à pouvoir les enlever pour faire les réparations nécessaires. Du polyéthylène servant de couverture intérieure peut être installé comme le montre la figure 22-1 à l'aide de tasseaux en bois.

En cas d'utilisation de fenêtres recyclées pour le vitrage intérieur et extérieur (fig. 22-2), ventilez l'espace d'air entre les fenêtres pour réduire la condensation entre les vitrages. Percez un trou d'un diamètre de 12 mm dans le rebord inférieur de la fenêtre extérieure et un autre dans le rebord supérieur pour empêcher la condensation. Lorsque la fenêtre dépasse 1 000 × 1 000 mm, percez deux trous dans la partie inférieure et deux dans la partie supérieure. Insérez un tampon lâche d'isolant en fibre de verre dans chaque trou pour jouer le rôle d'un filtre à air et masquez à l'aide d'une moustiquaire tous les trous pour empêcher les insectes d'entrer. Calfeutrez tous les rebords de la fenêtre intérieure du côté extérieur avant d'installer la fenêtre extérieure. Scellez complètement tous les rebords intérieurs de la fenêtre intérieure, en particulier tous les joints entre le verre et le châssis, ainsi qu'entre le châssis et la charpente pour empêcher l'air humide de la serre de s'introduire dans l'espace libre entre les fenêtres.

Fig. 22 Fenêtres recyclées comme vitrage du mur vertical.



1 FENÊTRE RECYCLÉE À VITRAGE INTÉRIEUR EN POLYÉTHYLÈNE
2 FENÊTRE RECYCLÉE AVEC FENÊTRE RECYCLÉE COMME VITRAGE INTÉRIEUR
3 LISSE BASSE TRAITÉE
4 LISSE BISEAUTÉE
5 SABLIÈRE BISEAUTÉE
6 CHÂSSIS À FOND BISEAUTÉ ADAPTÉ À LA LISSE
7 FENÊTRE RECYCLÉE
8 BUTÉE DE FENÊTRE
9 VITRAGE INTÉRIEUR EN POLYÉTHYLÈNE
10 TASSEAU
11 MASTIC NEUF TOUT AUTOUR
12 CALFEUTRAGE AU BUTYL
13 CALFEUTRER ENTRE LES FENÊTRES AVANT D'INSTALLER LA FENÊTRE EXTÉRIEURE
14 PERCER DES TROUS DE 12 mm AU BAS DE LA FENÊTRE POUR VENTILER L'ESPACE D'AIR, TOUS LES 1 000 mm. FAIRE DE MÊME AU HAUT
15 BOISERIE DE FINITION
16 SOLIN
17 P.R.F. OU AUTRE VITRAGE SUR LA PARTIE EN PENTE DU TOIT

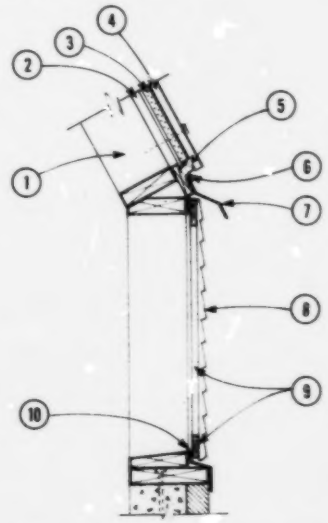
Verre scellé trempé—Le verre scellé trempé ou le vitrage isolant peut être acheté en n'importe quelle grandeur pour s'adapter à votre charpente de serre. Toutefois, les commandes passées sur demande peuvent coûter très cher. Pour le vitrage de portes de patio de dimensions courantes, soit 860 × 1 930 mm et 1 170 × 1 930 mm, acheté au meilleur prix, le coût peut être aussi bas que 30 à 35 $ le mètre carré. Il est généralement protégé par une garantie de 5 ans contre tout bris du scellement. Mieux vaut quand même vérifier pour savoir si la garantie est valide pour les serres installées sur déclive.

Les figures 23 et 24 montrent les principaux éléments de l'installation de la petite porte patio sur charpente de 38 × 140 mm d'une serre en appentis. Cette installation convient à des panneaux de verre sans châssis. Lors de l'installation de la vitre, laissez un espace d'au moins 3 mm tout autour du périmètre extérieur entre la vitre et toute partie de bois ou autres

panneaux de verre pour permettre la dilatation thermique des matériaux. Assurez-vous que la surface du bâti de la serre qui supporte le verre n'est pas gauchie et que toutes les pièces de la charpente sont de niveau, sans quoi le verre ou le scellement peut se casser lorsque les tasseaux utilisés pour retenir les panneaux de verre en place sont serrés.

Installez des pièces du support de 19 mm d'épaisseur pour le vitrage et recouvrez de ruban à vitrage en butyle les surfaces sur lesquelles le verre doit reposer. Mettez le verre en place. Supportez-le en position à l'aide de blocs de pose en néoprène placés le long du rebord inférieur et à l'aide d'une cornière en aluminium vissée dans le bois. Placez une couche de ruban à vitrage autour du périmètre du panneau de verre sur la face extérieure avant d'installer les tasseaux. Ce ruban joue le rôle de scellement aux interfaces bois-verre et sert également à aplanir les petites imperfections de la surface du bois pour permettre de presser la vitre contre une surface uniformément plate. Continuez de serrer les tasseaux jusqu'à ce que le butyle commence à déborder entre le tasseau et la vitre. Les blocs de pose en néoprène le long du bord inférieur de la vitre servent à maintenir un joint de dilatation et à amortir la vitre. Mieux vaut ne pas utiliser de tasseau le long du bord inférieur de la vitre car il tend à absorber et à retenir la pluie et la neige.

Fig. 23 Installation d'une vitre scellée trempée et d'un évent de mur nain.



1 POUTRE DE SUPPORT DU VITRAGE DE 38 X 140 mm
2 SUPPORT DU VITRAGE CONTINU DE 19 X 64 mm, PARTIES SUPÉRIEURE ET INFÉRIEURE, LE LONG DES POUTRES DE SUPPORT
3 ÉLÉMENT SCELLÉ EN VERRE TREMPÉ DE 860 X 1 930 X 16 mm
4 TASSEAU DE 19 X 64 mm
5 BLOC DE POSE EN NÉOPRÈNE DE 3 mm D'ÉPAISSEUR
6 CORNIÈRE EN ALUMINIUM DE 19 X 38 X 3 mm ET DE 150 mm DE LONGUEUR
7 SOLIN
8 P.R.F. ONDULÉ
9 CADRE DE L'OUVRANT
10 COUPE-BISE

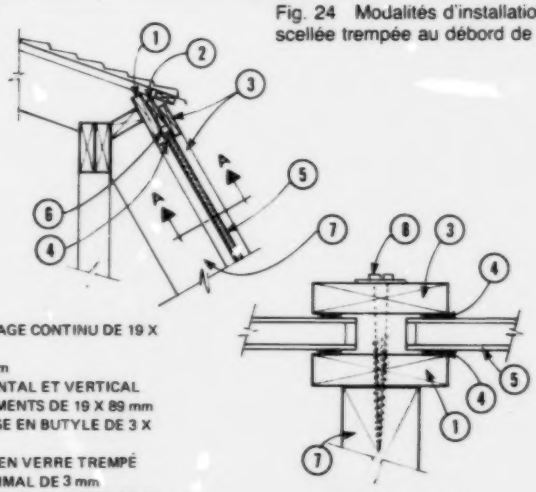
Polyéthylène—Le film de polyéthylène est le matériau de vitrage le moins cher et le plus facile à installer, mais c'est également le moins durable. Le polyéthylène ordinaire peut ne durer que 6 mois s'il est utilisé comme vitrage extérieur. Mais comme couverture intérieure, il peut durer 2 ans ou plus. Le polyéthylène traité contre la dégradation par les rayons ultra-violets peut durer jusqu'à 3 ans comme vitrage extérieur et encore plus longtemps comme couverture intérieure. Lorsqu'on utilise du polyéthylène comme matériau de vitrage, mieux vaut donc choisir un polyéthylène résistant aux rayons ultra-violets d'une épaisseur de 150 µm pour la couverture extérieure et un polyéthylène ordinaire d'une épaisseur de 100 µm pour la couverture intérieure.

Pour l'installation temporaire de polyéthylène jusqu'à ce que vous puissiez acheter un matériau plus durable, construisez le bâti de la serre de façon à recevoir le vitrage permanent. En effet, le film en polyéthylène peut être fait de façon à accommoder presque tous les espacements du bâti dictés par les autres types de vitrage.

Installez le polyéthylène comme le montrent les figures 25 et 26. Utilisez des tasseaux continus écartés de 1,2 m au maximum et des clous espacés tous les 200 mm pour retenir le polyéthylène à tous les supports de charpente, sans quoi le film pourrait claquer et se déchirer contre les pièces du bâti. Tendez le polyéthylène pendant l'installation. Mieux la couverture extérieure de ce matériau sera assujettie, plus longtemps elle durera.

Polyester ondulé renforcé de fibre—Le polyester renforcé de fibre (P.R.F.), également appelé fibre de verre, est un matériau de vitrage très résistant, difficile à briser. Le P.R.F. est disponible en ondulations courantes ou en modèle à gradins ressemblant à la surface d'un parement de planches à déclin. On trouve diverses qualités de P.R.F. et généralement deux épaisseurs. Le matériau de qualité inférieure ne convient pas à la construction des serres. Seul le P.R.F. dont la résine résiste aux rayons ultra-violets est assez efficace pour durer plusieurs années. Le

Fig. 24 Modalités d'installation d'une vitre scellée trempée au débord de toit.



1 SUPPORT DE VITRAGE CONTINU DE 19 X 140 mm
2 BLOCAGE DE 19 mm
3 BLOCAGE HORIZONTAL ET VERTICAL POUR LES SCELLEMENTS DE 19 X 89 mm
4 RUBAN DE VITRAGE EN BUTYLE DE 3 X 10 mm
5 ÉLÉMENT SCELLÉ EN VERRE TREMPÉ
6 ESPACE D'AIR MINIMAL DE 3 mm
7 POUTRE DE SOUTIEN DU VITRAGE DE 38 X 140 mm
8 VIS À TOIT EN ACIER INOXYDABLE, 400 mm CENTRE À CENTRE

meilleur achat est le P.R.F. garni d'une mince couche sur l'une des faces qui protège le plastique contre les abrasions causées par les intempéries. Installez ce vitrage, le côté enduit à l'extérieur. Les feuilles plus minces de P.R.F. conviennent mieux au vitrage intérieur et les feuilles plus épaisses servent généralement à l'extérieur. Les feuilles ondulées sont disponibles en largeurs de 660 et 1 270 mm.

Pour installer du P.R.F. ondulé, obtenez d'abord le mode d'emploi nécessaire auprès du fournisseur. Quelques conseils utiles et certains points importants à ne pas oublier figurent ci-dessous et sont illustrés dans la figure 27.

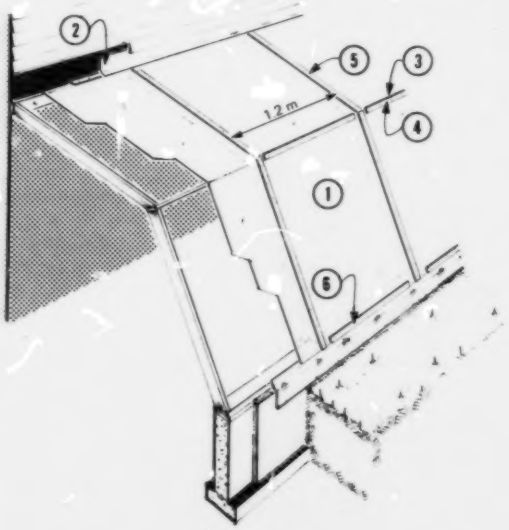
Avant l'installation, conservez les feuilles de P.R.F. dans un endroit sec et ombragé. En effet, l'humidité et les fortes températures qui règnent autour des feuilles empilées de P.R.F. en opacifient rapidement les surfaces. Découpez le P.R.F. à l'aide de cisailles de ferblantier ou d'une lame de scie circulaire à pointes de carbure. Percez d'abord tous les trous de clou ou de vis dans le plastique pour empêcher le P.R.F. de craquer. Utilisez des rondelles en néoprène avec les clous ou les vis de fixation pour prévenir les fuites. Calfeutrez au scellant de silicone tous les joints entre les feuilles de P.R.F. et entre le châssis en bois et le P.R.F. Le silicone est préférable car il ne réagit pas avec la résine du plastique et peut absorber les mouvements des surfaces en contact causés par la dilatation et la contraction thermiques.

Utilisez des lames de scellement ondulées en caoutchouc ou en bois plein sous les extrémités des feuilles et scellez toutes les fuites d'air qui restent à l'aide de scellant au silicone. Les lames de caoutchouc mousse ne sont pas recommandées car elles se dégradent en l'espace de quelques années. Fixez des pannes de bois aux chevrons, qui soutiendront les lames de scellement et les feuilles de P.R.F. La taille des pannes et leur espacement sont fonction de l'espacement des chevrons et de la résistance du P.R.F. Commencez à installer le P.R.F. par le coin inférieur sous-le-vent de n'importe quelle surface inclinée. Vous pouvez ensuite faire chevaucher les feuilles contiguës de telle manière que la pluie soufflée par le vent ne puisse s'introduire sous les joints.

Systèmes de refroidissement et de ventilation

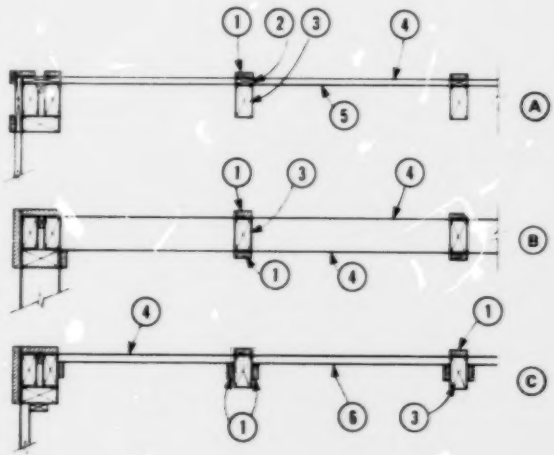
Le refroidissement et la ventilation sont étroitement apparentés. Les techniques utilisées pour l'une le sont souvent pour l'autre. Le refroidissement consiste à empêcher les températures intérieures de la serre de monter au point de réduire la production végétale ou d'endommager les plants. Quant à la ventilation, outre le fait d'aider au refroidissement de l'intérieur de la serre, elle fait circuler de l'air frais autour des plants, ce qui leur apporte le bioxyde de carbone et l'oxygène nécessaires à la photosynthèse et à la respiration respectivement. La ventilation peut également réduire l'humidité relative de la serre lorsqu'elle est trop élevée. Une trop forte

Fig. 25 Installation d'un vitrage en polyéthylène.



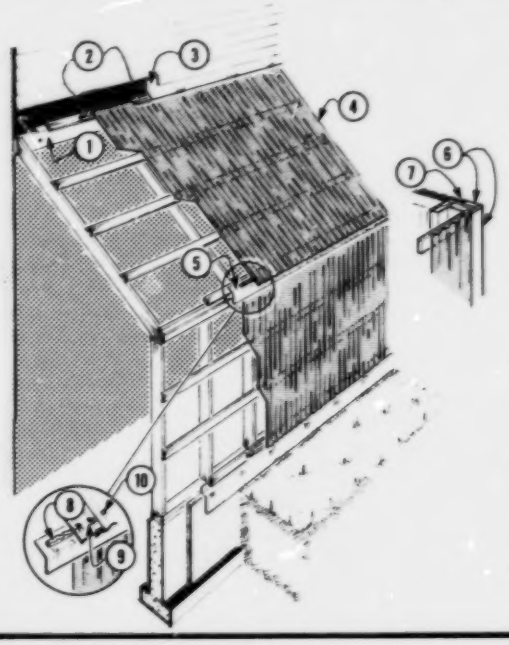
1 FEUILLE CONTINUE EN POLYÉTHYLÈNE
2 LE SOLIN RECOUVRE LE TASSEAU SUPÉRIEUR
3 BORD INFÉRIEUR DE TOIT DÉPOURVU DE TASSEAU
4 TASSEAU BISEAUTÉ AU SOMMET DU MUR NAIN
5 TASSEAU
6 TASSEAUX PERMETTANT L'ÉGOUTTEMENT DE L'EAU

Fig. 26 Détails d'un double vitrage en polyéthylène.



1 TASSEAUX
2 CALE D'ESPACEMENT
3 PIÈCE DE CHARPENTERIE
4 FEUILLE CONTINUE RETENUE PAR DES TASSEAUX (1)
5 FEUILLE CONTINUE RETENUE PAR DES CALES D'ESPACEMENT (2)
6 FEUILLE INTÉRIEURE LOGÉE ENTRE LES PIÈCES DE LA CHARPENTE (3) RETENUE PAR DES TASSEAUX (1)

Fig. 27 Vitrage ondulé en fibre de verre.



1 LISSE À CHEVRONS ASSUJETTIE AU MUR DE LA MAISON
2 LAMES DE SUPPORT DE VITRAGE ONDULÉES. LA LAME SUPÉRIEURE EST RENVERSÉE POUR SUPPORTER LE SOLIN
3 SOLIN INSÉRÉ SOUS LE PAREMENT ET RECOUVRANT PARTIELLEMENT LE VITRAGE EN P.R.F.
4 DÉPORTER LE VITRAGE D'AU MOINS 50 mm SUR LE CÔTÉ DE LA SERRE POUR ÉLIMINER LE BESOIN DE SOLIN
5 LE SOLIN PEUT ÊTRE ÉLIMINÉ SI LE P.R.F. DU TOIT RECOUVRE LE MUR VERTICAL DE 100 mm
6 CORNIÈRES FEUILLURÉES POUR RECEVOIR LES BORDS DU VITRAGE
7 MASTIC À CALFEUTRER
8 LAME DE SUPPORT DE VITRAGE ONDULÉE
9 MASTIC À CALFEUTRER AU SILICONE SOUS LE P.R.F. AU POINT DE JONCTION AVEC LA LAME DE SUPPORT ONDULÉE
10 CLOUS À GARNITURE FIXÉS AU SOMMET SEULEMENT LE LONG DU VITRAGE INCLINÉ

humidité nuit à bon nombre de plantes couramment cultivées et les prédispose aux maladies. Le refroidissement devient nécessaire lorsque la chaleur s'accumule jusqu'à des niveaux potentiellement dangereux. Il est nécessaire par intermittence pendant toutes les saisons, mais le plus souvent à la fin du printemps, en été et au début de l'automne. En revanche, il faut assurer une ventilation adéquate tous les jours pour assurer une bonne production végétale à longueur d'année.

Stockage de la chaleur—L'installation d'un dispositif de stockage thermique réduit le besoin de refroidissement et de ventilation à l'intérieur de la serre. Un système d'accumulation de chaleur absorbe une partie de l'excès de chaleur produite à l'intérieur de la serre pendant le jour et la libère la nuit lorsque la température ambiante est plus basse.

Ombrage—L'ombrage est encore plus efficace que le stockage thermique dans la réduction des besoins de refroidissement et de ventilation. On parvient à faire de l'ombrage en utilisant un dispositif quelconque à l'intérieur ou à l'extérieur de la serre, ou même la structure de la serre elle-même pour bloquer une partie du rayonnement solaire avant qu'il n'atteigne le vitrage.

Des paillassons déroulables de lattes en bois, bambou, aluminium ou polyester tressé peuvent être installés à l'extérieur, le long du bord supérieur du vitrage. Ces claies à ombrer sont déroulées de façon à couvrir le plus de vitrage possible par temps ensoleillé pour maintenir la température intérieure voulue. Disponibles dans le commerce, les claies à ombrer bloquent entre 50 et 75 % du rayonnement solaire incident. Le reste de la lumière qui pénètre est généralement suffisante pour assurer la croissance des plantes. Les paillassons en plastique tendent à se détériorer au bout de quelques étés d'exposition aux rayons ultra-violets. Quant aux paillassons en bois et en métal, ils durent plusieurs années lorsqu'ils sont bien entretenus. Ces systèmes d'ombrage doivent être fermement assujettis au faîte de la serre. Pour empêcher les claies de battre au vent, lestez-en le bord inférieur ou installez des brides de serrage le long des côtés et du bas pour retenir les bords avec les tasseaux.

Les paillassons en plastique tressés coûtent environ 10 $ le mètre carré; les claies en bois coûtent environ le double et celles en aluminium, environ 35 $ le mètre carré. Ces prix comprennent toute la quincaillerie pour fixer et faire fonctionner les systèmes. On peut les obtenir auprès de fournisseurs de serres commerciales.

Une autre technique d'ombrage consiste à peindre le vitrage extérieur au moyen d'un composé à ombrer. Celui-ci se présente généralement sous forme d'une pâte en contenants de 4 L pour 12 à 15 $ et on peut se le procurer chez les fournisseurs de serres. La pâte est alors étendue d'eau de façon à obtenir l'intensité d'ombrage voulue. Le contenant de 4 L couvre jusqu'à 400 m² de vitre. L'enduit s'enlève graduellement à la pluie de sorte qu'à la fin de l'été, le vitrage redevient pratiquement clair. Utilisez de l'eau savonneuse pour enlever les traces qui restent. Évitez d'utiliser des peintures à ombrage disponibles dans le commerce qui peuvent s'avérer toxiques pour les pelouses et les potagers lorsqu'elles se délavent. En outre, certains composés ne sont pas recommandés pour certains vitrages en plastique, en particulier les plastiques en film et les P.R.F.

La pratique qui consiste à suspendre un tissu au-dessus des plantes constitue un autre moyen pour fournir de l'ombre. Vous pouvez couvrir toute la surface de culture ou seulement certaines zones particulières. Le tissu d'ombrage du commerce disponible chez les fournisseurs de serres peut réduire les intensités lumineuses jusqu'à 95 %. Il peut être monté sur des câbles métalliques aériens et des crochets coulissants ou jeté sur de simples bâtis en bois temporairement construits sur les bâches de culture. Ce matériau coûte de 1 à 5 $ le mètre carré; quant aux matériaux plus coûteux, ils jettent plus d'ombre.

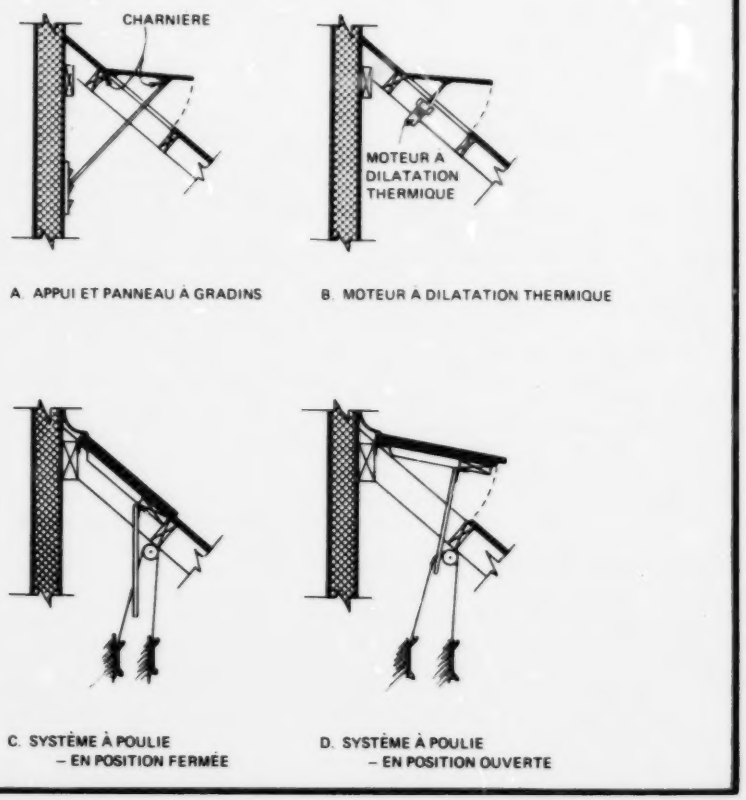
Les parties de toit faiblement inclinées au nord ou les parties opaques orientées au sud servent à jeter de l'ombre vers l'arrière de la serre solaire au début du printemps et en été. Même si elles peuvent ainsi réduire l'échauffement à l'intérieur de la serre, les plantes situées dans la partie nord de la serre peuvent quand même manquer de lumière. Dans les serres dont les bâches sont très ombragées le long du mur nord, mieux vaut y faire pousser les cultures qui n'ont pas besoin de beaucoup de lumière ou ne pas utiliser les bâches situées au nord jusqu'à ce que le soleil soit plus bas à l'horizon.

Ventilation naturelle—Les serres solaires sont conçues pour être étanches à l'air de façon à économiser l'énergie thermique en hiver. Il faut donc utiliser des systèmes de ventilation contrôlés et suffisamment puissants pour réussir l'exploitation d'une serre solaire. En été, lorsque la demande d'aération est plus forte, la ventilation naturelle, contrairement à celle assurée par les ventilateurs électriques, est la meilleure façon de répondre aux besoins d'aération courants. En plus d'économiser l'énergie, la ventilation naturelle peut sauver votre récolte si l'électricité vient à manquer par temps ensoleillé.

La ventilation naturelle fait usage du vent—Dans les régions où le vent souffle toujours au cours des heures chaudes et ensoleillées de la journée, plusieurs fenêtres ou ouvrants situés aux extrémités de la serre sont probablement tout ce qu'il faut pour tenir l'air en mouvement dans la serre et le mélanger pour empêcher les températures intérieures de devenir trop élevées. Mais dans la plupart des endroits, les vents sont irréguliers et instables de sorte que les mouvements de l'air doivent être provoqués par la création d'un effet cheminée. Pour créer cet effet, il suffit d'installer des lanterneaux le long du faîte du toit de la serre et des ouvrants près du niveau du sol sur les extrémités est et ouest. Lorsque la serre est plus de deux fois plus longue que large, installez également quelques ouvrants inférieurs dans le mur sud. De cette façon, même par temps chaud et sans vent, l'air chaud plus léger pourra s'élever et s'échapper par les orifices situés près du toit en provoquant l'aspiration d'air frais au sol dans la serre par les ouvrants inférieurs. La circulation de l'air peut être lente, mais la ventilation ainsi assurée peut suffire à maintenir des températures intérieures acceptables. Assurez-vous que la surface d'ouverture totale des ouvrants est d'au moins un sixième de la surface utile de la serre et que la surface totale des lanterneaux supérieurs dépasse de 20 à 30 % celle des ouvrants inférieurs.

Tous les ouvrants peuvent être dotés d'un système de fermeture manuel ou automatique. Les systèmes manuels peuvent se composer simplement d'un appui et d'un panneau ajouré (fig. 28A) ou peuvent comprendre un dispositif de commande un peu plus perfectionné de crémaillère et pignon ou d'engrenage à chaîne. Les systèmes automatiques vont du type moteur à dilatation thermique le plus simple et meilleur marché (fig. 28B) aux types à contrôle thermostatique commandés par un moteur électrique, des engrenages ou une chaîne (fig. 28C et D). Le moteur à dilatation thermique est mû par élévement ou baisse de la température ambiante. Fondamentalement, il se compose d'un cylindre fermé par un piston à une extrémité et contenant un liquide qui se dilate et se contracte. A mesure que la température de l'air autour du cylindre s'élève, le liquide à l'intérieur se dilate et pousse le piston à l'extérieur, ce qui actionne l'ouvrant. Lorsque le cylindre se refroidit, le liquide se contracte et le piston retourne à sa position originale en fermant l'ouvrant. Certains moteurs à dilatation thermique meilleur marché ne sont pas très fiables. Ils ne peuvent lever qu'un poids maximal de 4 kg. Or, les ouvrants pesants moins

Fig. 28 Techniques d'ouverture et de fermeture d'un ouvrant.



de 4 kg ne sont pas assez lourds pour assurer un scellement hermétique lorsqu'ils sont fermés, entraînant ainsi des pertes de chaleur indésirables en hiver. En outre, certains des moteurs meilleur marché ne parviennent pas à s'ouvrir complètement après plusieurs mois de fonctionnement. Il est donc recommandé de consulter les diverses brochures concernant ce produit avant d'arrêter son choix. Les moteurs à dilatation thermique coûtent de 25 à plus de 100 $.

Pour déplacer des poids plus lourds, par exemple une rangée de lanterneaux, on peut utiliser un moteur électrique à contrôle thermostatique. La capacité du moteur dépend du poids des lanterneaux. Ce genre de système est relativement cher et dépend d'une source fiable d'électricité. Assurez-vous que le système que vous achetez est pourvu d'une commande manuelle en cas de panne d'électricité. Un dispositif d'ouverture automatique, doté de la commande manuelle et des contrôles nécessaires, capable d'ouvrir jusqu'à 5 m d'ouvrants isolés ou à double vitrage, coûte de 400 à 500 $.

Ventilation artificielle—Les systèmes de ventilation à air pulsé font appel à des ventilateurs pour faire circuler l'air. Ils peuvent être moins coûteux à installer qu'une série de lanterneaux le long du toit ou d'ouvrants dans les murs. En effet, un ventilateur relativement petit peut remplacer plusieurs de ces autres types d'orifices de ventilation. Qui plus est, plus le nombre d'ouvertures est réduit, moins grandes sont les possibilités de fuites d'air. Toutefois l'énergie nécessaire pour faire fonctionner les ventilateurs peut coûter cher. Les ventilateurs présentent un autre inconvénient, soit celui du bruit qu'ils font, peu importe la façon dont ils sont montés. Plus le ventilateur est gros, plus il fait de bruit. Mieux vaut donc évaluer la fiabilité de l'approvisionnement en électricité de votre région avant de prendre une décision concernant le type de système de ventilation qui convient le mieux à vos besoins.

Dimension du ventilateur—Les fabricants de serres classiques allèguent qu'en été, le système de ventilation devrait pouvoir assurer un renouvellement complet de l'air toutes les 2 ou 3 minutes. Toutefois, la serre solaire n'est pas vitrée sur tous les côtés comme la serre classique et contient en outre un dispositif important de stockage de la chaleur qui crée une inertie thermique considérable. Si on utilise quelques-unes des techniques d'ombrage exposées précédemment, la serre solaire nécessite beaucoup moins de refroidissement intérieur que la serre classique. La serre solaire bien conçue pourrait même, dans votre région, ne pas avoir besoin de ventilation à air pulsé, mais dans le cas contraire, il suffit que la capacité du ventilateur soit le quart ou la moitié de celle exigée par une serre classique. Prenons le cas d'une serre familiale d'une surface utile de 30 m^2. Pour une hauteur moyenne de 3 m, le volume intérieur total est d'environ 90 m^3. Une serre classique de 90 m^3 exige un taux de ventilation de 500 à 700 L/s. Mais une serre solaire dotée d'un système d'ombrage approprié pourrait n'avoir besoin que d'un ventilateur capable de déplacer 140 à 380 L d'air par seconde. Le système de ventilation à air pulsé le plus simple se compose d'un ventilateur d'extraction situé près du faîte de l'une des extrémités de la serre et d'un ouvrant placé au bas du mur de l'extrémité opposée. Équipez le ventilateur d'extraction de vannes que la circulation de l'air fait ouvrir lorsque le ventilateur est en marche et qui se ferment par gravité lorsque le ventilateur ne fonctionne pas. L'orifice de ventilation peut également être pourvu de lames qui s'ouvrent vers l'intérieur sous l'effet de la succion exercée par le ventilateur d'extraction. On peut acheter à bon compte de petits ventilateurs de bonne qualité et économes d'électricité. Par exemple, un ventilateur qui assure un débit d'air maximal de 100 L/s peut coûter jusqu'à 100 $. Un système complet de ventilation pour une serre familiale, y compris le ventilateur d'extraction, la vanne de prise d'air motorisée et le contrôle thermostatique coûte environ 240 $.

Ouvrants de vitrage—Les ouvrants de vitrage sont des sections du vitrage qui peuvent être ouvertes pour permettre la circulation de l'air entre la serre et son entourage. L'ouvrant se compose d'un châssis auquel le vitrage est fermement fixé, de charnières autour desquelles pivote le châssis et de mécanismes qui servent à soulever, abaisser et tenir l'ouvrant en place. Il faut installer un coupe-bise sur tout le périmètre de l'orifice de ventilation pour stopper la circulation de l'air une fois l'ouvrant fermé. Utilisez des crochets, des oeilletons ou des loqueteaux pleins pour tenir l'ouvrant fermé assez serré pour que le coupe-bise soit pressé entre les faces périmétriques de l'ouvrant et du bâti de la serre. Tous les ouvrants devraient être faits d'un double vitrage et devraient basculer vers l'extérieur en s'ouvrant pour ne pas nuire à la culture des plantes à l'intérieur. En règle générale, les ouvrants sont articulés par charnières situées dans leur partie supérieure et sont pourvus de solins pour empêcher l'introduction d'eau. Des ouvrants de vitrage ondulé nécessitent toutefois un peu plus d'attention. Le matériau ondulé ne compose normalement que la couche extérieure d'un double vitrage et l'intérieur se compose d'un revêtement plat, rigide ou d'un film. Utilisez un coupe-bise classique pour le cadre, sauf aux extrémités ondulées du vitrage où il faut utiliser un coupe-bise ondulé spécial entre les sections ondulées pour sceller convenablement l'interface entre le vitrage et le cadre au point d'ondulation.

Ouvrants dans les parties pleines du mur et du toit—Les ouvrants situés dans les parties pleines du mur et du toit sont conçus de manière à se loger entre les montants ou les chevrons de la charpente existante. Pour en savoir davantage sur les portes de ventilation, consultez la figure 29. Assurez-vous que le cadre de l'ouvrant s'adapte bien à la charpente de la serre sans laisser de jeu lorsque l'ouvrant est fermé et que la moulure et le coupe-bise sont bien en place.

Ventilation d'une serre en appentis—Utilisez la porte et les fenêtres de la structure originale pour assurer une ventilation d'hiver à la serre solaire en appentis. On peut installer un petit ventilateur capable de brasser 100 L d'air par seconde en haut du mur mitoyen pour aider à la circulation de l'air.

Systèmes de stockage de la chaleur

Le stockage de l'excédent de chaleur solaire est l'une des principales caractéristiques qui différencient la serre solaire de la serre classique. En effet, l'excès de chaleur produit dans une serre solaire par temps ensoleillé est absorbé par un dispositif d'accumulation thermique. Ce processus d'extraction maintient la serre plus fraîche pendant la journée. La chaleur ainsi emmagasinée peut être ensuite restituée lorsque la température de la serre descend la nuit ou par temps nuageux. La chaleur est absorbée par l'accumulateur passif ou actif. Le système passif ne requiert aucun dispositif mécanique alors

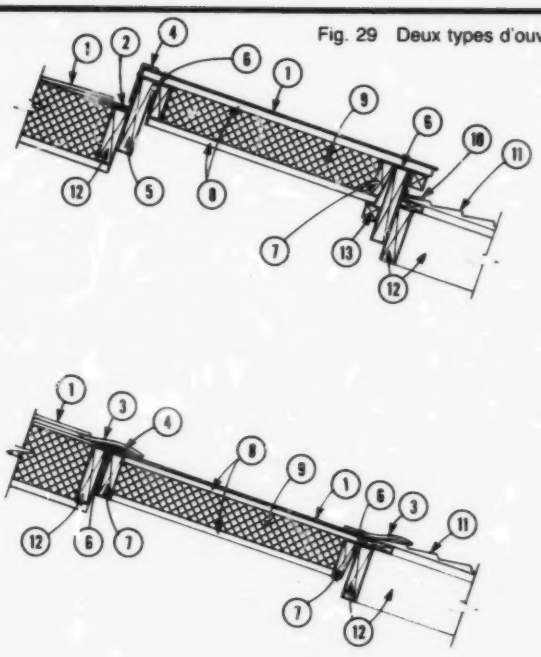


Fig. 29 Deux types d'ouvrants pleins de toit.

1 TOITURE
2 SOLIN
3 SOLIN SOUPLE
4 PENTURE COURBÉE
5 REBORD DE 38 X 184 mm
6 COUPE-BISE
7 CADRE D'OUVRANT DE 38 X 89 mm COUPÉ EN BISEAU AU BORD OUVRANT
8 PAREMENT DE CONTRE-PLAQUE
9 ISOLANT
10 SOLIN DÉBORDANT LE P.R.F.
11 VITRAGE EN P.R.F.
12 CHEVRON DE 38 X 140 mm ET CADRE ENTRE LES CHEVRONS POUR L'ORIFICE DE VENTILATION
13 ARRÊT DE 38 X 38 mm AVEC COUPE-BISE

que le système actif nécessite un ventilateur pour faire circuler l'air chaud au travers de la masse. Les accumulateurs passifs de la chaleur solaire sont généralement les plus efficaces, les moins chers et les plus faciles à installer et à entretenir. En revanche, ce genre de système doit généralement être situé dans un endroit directement ensoleillé où il occupe beaucoup d'espace utile de culture. Quant aux accumulateurs actifs, ils peuvent être situés à l'écart de l'espace de culture. Toutefois, l'installation de systèmes actifs peut s'avérer chère et un peu plus complexe que celle des systèmes passifs. À tout le moins, ils nécessitent un complément de volume isolé et dépendent de la mécanique pour bien fonctionner. Quelques systèmes de stockage passifs et actifs qui utilisent l'eau, la pierre, le béton et le sel de Glauber sont examinés ci-dessous. L'eau, la pierre et le béton peuvent emmagasiner beaucoup de chaleur. Autrement dit, ils emmagasinent la chaleur sous forme d'augmentation de la température de leur propre masse. Pour sa part, le sel de Glauber stocke la chaleur en passant de l'état solide à l'état liquide à une certaine température donnée.

Stockage thermique passif

Masse calorifique—Le tableau 4 résume les capacités thermiques typiques des matériaux de stockage énumérés ci-dessus, ainsi que de certains autres matériaux communs.

Pour que le stockage passif soit le plus efficace possible, il faut situer la plus grande partie de la masse de stockage face au rayonnement solaire direct. Une masse calorifique exposée directement emmagasine environ trois fois plus de chaleur solaire qu'une masse équivalente située à l'ombre. Un accumulateur situé juste derrière un mur nain vitré exposé au sud ou empilé le long du mur nord (fig. 30) emmagasine efficacement trois fois plus de chaleur qu'une masse semblable située à l'ombre sous les bâches de culture. Plus la masse calorifique est grande dans la serre, plus la température quotidienne sera stable. Un dispositif de stockage complémentaire s'avère donc souvent nécessaire pour augmenter la capacité de stockage directement exposée au soleil. Installez l'accumulateur ombragé de façon que l'air puisse circuler librement au-dessus et en dessous du dispositif le long des côtés. La convection naturelle et les autres mouvements de l'air dans la serre servent alors à transporter la chaleur vers l'accumulateur et vice et versa.

L'eau est le plus compact des matériaux bon marché de stockage de la chaleur. En effet, pour un volume donné d'espace de stockage, elle possède environ trois fois la capacité d'accumulation de la pierre ou de la maçonnerie, et jusqu'à deux fois celle de la boue.

Même si l'eau ne coûte pratiquement rien, le coût des contenants est à considérer. Les contenants recyclés comme les pots à lait et à jus en plastique de 5 L, les boîtes en fer blanc de miel ou d'huile de 25 L, et les tonneaux d'acier de 200 L sont couramment utilisés dans les serres solaires. On peut souvent obtenir ces contenants gratuitement ou à très peu de frais. Par exemple, on peut obtenir facilement des tonneaux de 200 L, nettoyés et prêts à l'emploi chez des négociants en tonneaux d'occasion pour 6 à 20 $ l'unité. Des tonneaux de bonne qualité sont également disponibles chez les marchands d'huile, certains gros concessionnaires d'automobiles et ateliers de réparation, et auprès de manufactures de produits chimiques. Les tonneaux qui n'ont pas déjà été nettoyés à l'intérieur et à l'extérieur avant l'achat doivent être lavés à fond avant de pouvoir être utilisés dans la serre, sans quoi l'intérieur pourrait encore contenir des résidus de produits chimiques dangereux et l'extérieur pourrait être souillé de produits toxiques. Mieux vaut donc les nettoyer comme il faut à l'aide d'un solvant comme le kérosène ou la térébenthine et les rincer à l'eau. Apprêtez la surface extérieure à l'aide d'une peinture antirouille. Ajoutez également un antirouille à l'eau de remplissage des tonneaux, ainsi qu'une faible quantité d'huile à moteur. En effet, l'huile qui flotte à la surface de l'eau abaisse l'évaporation des

Tableau 4 Capacité thermique de matériaux utilisés pour stocker la chaleur.

Matériau	Densité (kg m³)	Capacité thermique* (KJ m³.°C)
Eau	1000	4,19 × 10
Pierre	2200	1,60 × 10
Brique d'argile	2000	1,65 × 10
Béton	2200	1,60 × 10
Sol (humidité moyenne)	1600	1,80 × 10
Boue (sol saturé)	1900	3,00 × 10
Solution de sel de Glauber	1460	374 × 10

*A une température donnée.

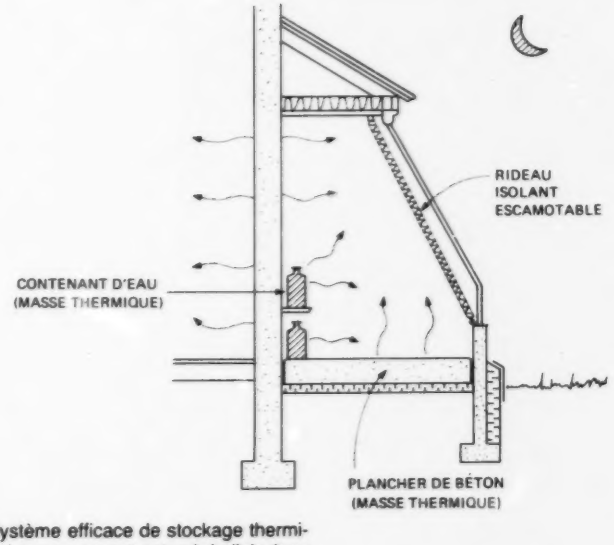


Fig. 30 Système efficace de stockage thermique passif. Le mouvement naturel de l'air dans la serre permet la circulation de la chaleur à destination et en provenance des masses calorifiques.

tonneaux et réduit au minimum la teneur en oxygène de l'eau, diminuant d'autant la possibilité de formation de rouille.

Mieux vaut éviter de disposer les tonneaux directement sur le plancher. Montez-les plutôt sur des briques ou des pièces de bois de construction traité. Ce système permet de réduire l'érosion causée par la condensation de l'humidité au fond des tonneaux métalliques. Il permet également à l'air de circuler sous les accumulateurs de chaleur et d'accroître ainsi le taux de transfert de la chaleur vers le dispositif de stockage et à partir de celui-ci.

D'autres contenants d'eau spécialement conçus pour emmagasiner l'excès de chaleur solaire comprennent des tubes et des réservoirs en fibre de verre de 300 et 450 mm de diamètre et de 1 200, 1 500, 2 400 et 3 000 mm de hauteur. Ces contenants non pressurisés sont généralement équipés de raccords de plomberie pour les interconnections. On peut utiliser des colorants dans l'eau pour décorer ou améliorer l'absorption du rayonnement solaire. Les réservoirs en acier galvanisé, qui s'engerbent lorsqu'ils sont empilés, et des réservoirs qui se logent entre les montants de la charpenterie des murs sont également disponibles.

Assurez-vous de supporter les gros contenants d'eau par le dessous. Installez les longs cylindres, ou plusieurs contenants empilés les uns sur les autres, sur une surface horizontale. Arrimez les contenants en place avant de les remplir d'eau. Les contenants dont la capacité dépasse 50 L sont difficiles à déplacer une fois remplis. Lors du remplissage, laissez environ 25 mm dans le haut pour accommoder l'expansion volumétrique de l'eau qui subit les extrêmes de température.

Il arrive que les contenants d'eau fuient. Les contenants métalliques sont plus portés à fuir que les tubes et les réservoirs en plastique de fabrication spéciale. Assurez-vous néanmoins que le plancher qui supporte tous les contenants est bien drainé et que les dommages causés à la serre seront négligeables en cas de fuite.

Un autre inconvénient de l'eau est qu'elle peut facilement geler pendant l'hiver et ainsi endommager les contenants. Mais grâce à l'utilisation d'un accumulateur de chaleur dans une serre bien isolée, particulièrement une serre équipée d'un système de chauffage d'appoint, il y a peu de risque qu'un gel ne survienne.

Lorsque la serre n'est pas conçue pour servir pendant les mois les plus froids de l'hiver, utilisez un système de vidange pour enlever l'eau des contenants. La méthode la plus pratique de vidanger l'eau est de la siphonner. Une autre solution consiste à installer un robinet étanche au point le plus bas de chaque contenant pour vidanger l'eau.

Grâce à la présence d'une grosse masse à stocker la chaleur logée dans de grands contenants, il faut que les températures intérieures de beaucoup inférieures au point de congélation se maintiennent plusieurs jours avant que l'eau ne commence à geler. Il est très peu probable que cette situation se produise dans une serre entretenue. Cet exemple sert toutefois à démontrer la marge de manoeuvre dont vous disposez avant que le gel n'endommage les contenants de stockage. Dans une serre bien organisée la présence d'un système de chauffage d'appoint assure que la température de l'air intérieure ne descende pas en deçà d'un seuil établi, par exemple 5 °C. Cette température représente alors le point le plus bas qui puisse être atteint par l'eau dans les contenants de stockage. Il n'est pas rentable de remplir tous les contenants de stockage d'une solution antigel. En effet, il est beaucoup moins coûteux d'installer un système de chauffage d'appoint d'une capacité suffisante.

La pierre et le béton stockent seulement le tiers de la chaleur qu'un égal volume d'eau emmagasine pour une même élévation de la température. Par conséquent, pour une capacité équivalente de stockage en serre, il faut disposer de beaucoup plus de pierres ou de béton.

L'utilisation de pierre ou de béton présente toutefois des avantages certains. En effet, puisque ces matériaux sont insensibles aux basses températures hivernales, on peut laisser la serre sans surveillance pendant l'hiver sans craindre d'endommager le système de stockage thermique. En outre, la pierre et le béton peuvent servir de partie intégrante de la structure de la serre sur le plancher tout en jouant le rôle de masse à stocker la chaleur. Le double emploi de ces matériaux abaisse donc le coût inhérent à l'utilisation d'un système de stockage thermique. En effet, la pierre commandée en vrac par camion constitue un matériau de stockage thermique bon marché. Les dépenses engagées portent sur le contenant nécessaire à tenir la pierre en place. La pierre en vrac coûte 10 $ le mètre cube et le béton coulé de 170 à 250 $. Ce coût peut varier de 120 à 170 $ le mètre cube si l'on fait le travail soi-même.

Les planchers en pierre concassée ou en béton n'ont pas besoin d'avoir plus de 100 mm d'épaisseur pour les systèmes de stockage passifs, à moins qu'une épaisseur supplémentaire soit nécessaire pour ajouter de la résistance. La chaleur absorbée par la surface du plancher ne pénètre pas à plus de 100 mm de profondeur compte tenu des variations quotidiennes typiques du rayonnement solaire et de la température. De même, toute masse de béton verticale exposée sur une seule face ne devrait pas dépasser 150 mm d'épaisseur. En effet, toute masse supplémentaire n'aurait aucune valeur économique.

Quant au sel de Glauber, c'est un matériau de stockage qui fait appel à la chaleur latente ou chaleur de fusion liée au passage de l'état solide à l'état liquide. La chaleur est emmagasinée par la liquéfaction du matériau solide et est restituée lorsqu'il se solidifie de nouveau. Le sel de Glauber, l'un des matériaux à changement de phase les plus largement utilisés, a un point de congélation variant entre 5 et 32 °C selon les additifs. À environ 24 °C, ce sel possède quatre fois la capacité d'accumulation thermique d'un égal volume d'eau qui subit une variation de température de 10 degrés. L'avantage réel qui découle de l'utilisation d'un matériau à changement de phase comme le sel de Glauber dans une serre est sa grande capacité thermique compte tenu de son faible volume. Cette grande efficacité réduit sensiblement l'espace nécessaire à l'accumulation de chaleur de sorte que l'espace ainsi libéré peut servir à la culture des plantes.

Le sel de Glauber est emballé et commercialisé sous forme de tuiles à plafond et à plancher, de plateaux empilables, de sections de mur de stockage et de tubes cylindriques. Tous les emballages sont faits de façon à faciliter le transfert de chaleur vers le contenant et à partir de celui-ci. Par unité de capacité de stockage thermique, le sel de Glauber est environ 10 fois plus cher que l'eau en tonneaux d'huile de 200 L ou environ le même prix à deux fois plus cher que l'eau en réservoirs de stockage thermique achetés sur le marché.

Les problèmes inhérents à l'utilisation de matériaux à changement de phase sont en passe d'être éliminés graduellement au fur et à mesure que des améliorations sont apportées aux matériaux et aux contenants. Certains matériaux actuellement sur le marché seraient, aux dires des fournisseurs, capables de maintenir un niveau de rendement donné après avoir subi des milliers de cycles de gel et de dégel.

Estimation des besoins de stockage de la chaleur—La serre peut être chauffée complètement par le soleil dès lors qu'elle est pourvue d'un système d'accumulation thermique d'une capacité suffisante. Mais en règle générale, des compromis sont réalisés entre les coûts de systèmes de stockage thermique et de chauffage d'appoint et entre les besoins d'espace pour les accumulateurs thermiques et les bâches de culture. Lorsque la production d'aliments prime, la masse de stockage thermique située à l'intérieur de la serre est généralement réduite au minimum.

Une serre en appentis peut s'en tirer avec moins d'accumulation thermique qu'une serre autonome par temps froid et une partie de l'excès de chaleur produite dans la serre par temps chaud peut être acheminée dans la maison.

Le tableau 5 résume les quantités recommandées d'eau, de maçonnerie et de sel de Glauber par mètre carré nécessaires pour exploiter une serre solaire à stockage passif de la chaleur. La maçonnerie est censée être faite de pierre, de béton ou de briques de densité moyenne d'une épaisseur maximale de 200 mm. La moitié de la face sud de la masse de stockage est censée être exposée au rayonnement solaire direct au moins 4 heures par jour. Les calculs sur lesquels reposent les chiffres du tableau 5 supposent une serre bien isolée, un double vitrage et une faible infiltration d'air, sans isolation nocturne pour le vitrage.

Tableau 5 Quantités suggérées* de matériaux de stockage pour les serres solaires à stockage passif.

Zone en degrés-jours (°C)	Pour prolonger la saison		À longueur d'année	
	Autonome	En appentis	Autonome	En appentis
Eau (L m²)				
jusqu'à 3 500	80	40	120	80
3 500 à 5 000	100	80	160	120
5 000 à 6 500	120	100	200	160
6 500 à 8 000	140	120	240	200
Maçonnerie (m³ m²)				
jusqu'à 3 500	0,20	0,10	0,30	0,20
3 500 à 5 000	0,25	0,20	0,40	0,30
5 000 à 6 500	0,30	0,25	0,50	0,40
6 500 à 8 000	0,35	0,30	0,60	0,50
Sel de Glauber (m³ m²)				
jusqu'à 3 500	0,02	0,01	0,03	0,02
3 500 à 5 000	0,02	0,02	0,04	0,03
5 000 à 6 500	0,03	0,025	0,05	0,04
6 500 à 8 000	0,035	0,03	0,06	0,05

*Les quantités sont exprimées en mètre carré (m²) de vitrage.

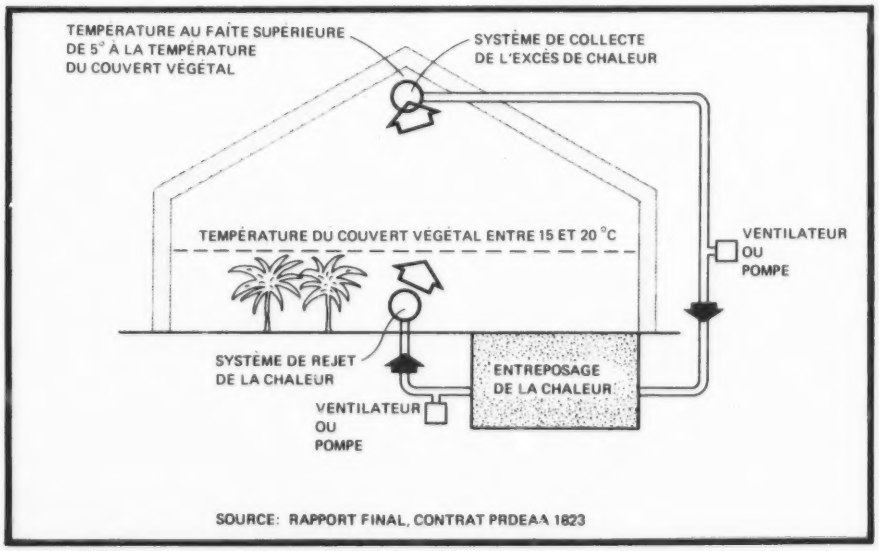


Fig. 31 Dans un système de stockage thermique actif, la masse calorifique est isolée de l'aire de culture. Les ventilateurs permettent la circulation de la chaleur à destination et en provenance de la masse calorifique.

Stockage thermique actif

Le système de stockage thermique actif (fig. 31) consiste en une masse de stockage isolée de l'aire de culture et qui nécessite des ventilateurs pour faire circuler l'air intérieur vers l'aire de stockage et vice versa pour en extraire la chaleur et la libérer dans l'air environnant. Les systèmes de stockage actifs sont couramment utilisés pour agrandir l'espace de culture dans la serre. Le type le meilleur marché et le moins coûteux de système de circulation de la chaleur pour une serre solaire familiale consiste en un ventilateur monté près

du point le plus haut de la serre, lequel achemine l'air chaud par une canalisation jusqu'à une masse de stockage de la chaleur située à un niveau inférieur ou au niveau du sol.

La masse d'accumulation thermique est généralement située sous la serre et se compose d'un lit de pierres isolé. Des aires de stockage bien isolées sont parfois aussi construites à l'une des extrémités ou derrière la serre. Il peut arriver qu'une partie de la serre soit séparée et que la masse soit installée à l'intérieur. Tous les systèmes de stockage actifs comptent sur des ventilateurs mûs à l'électricité pour faire circuler l'air, sur un mécanisme (souvent des déflecteurs) pour assurer une distribution uniforme de la chaleur dans toute la masse de stockage et sur une aire de stockage bien isolée, ou autre solution, sur un espace qui perd sa chaleur au profit de l'intérieur de la serre.

Les systèmes d'accumulation actifs ont tendance à engager des coûts d'installation plus élevés que les systèmes passifs. Ils exigent une source de courant externe pour fonctionner et nécessitent périodiquement des travaux d'entretien et de réparation.

Un lit de pierres est probablement le système de stockage actif le plus généralement utilisé pour les serres solaires. Le lit est généralement placé sous la serre, sa surface servant en totalité ou en partie de plancher à la serre. Il est très peu profond (maximum de 500 mm). Les parois du lit sont généralement faites en béton ou en parpaing et le dessus se compose d'une dalle de béton armé. L'air peut circuler dans le lit de pierres par divers moyens. En effet, un système à écoulement horizontal peut distribuer l'air par les entrées latérales des blocs en béton creux ou par des tuyaux de drainage perforés en plastique ondulé. Quant au système à écoulement vertical, il peut être fait de blocs de béton espacés (appareil) recouverts d'une latte métallique expansée pour diriger l'air. Consultez la publication intitulée «Manuel de conception et de construction d'un lit de pierres pour le stockage thermique» du Conseil national de recherches du Canada pour en savoir davantage sur la théorie, la construction et le coût de ces systèmes de stockage actifs. Les accumulateurs thermiques à lit de pierres coûtent en général 450 à 600 $ le mètre cube installés, y compris les ventilateurs, les registres d'air, les contrôles et la tuyauterie. Si vous faites le travail vous-même, ces coûts peuvent être réduits à 350-450 $ le mètre cube. Par unité de capacité de stockage, ce système est environ deux fois plus cher que les systèmes passifs qui utilisent de l'eau emmagasinée dans des réservoirs de stockage du commerce ou environ 20 fois plus cher que l'eau stockée dans des tonneaux de 200 L.

Plusieurs assemblages peuvent servir à récupérer la chaleur de la serre lorsque de l'air chaud est pulsé par les vides d'un plancher en dalles de béton. Dans l'un de ces systèmes, une dalle de béton de 125 mm est posée par dessus une plate-forme en acier ondulé. La chaleur de l'air chaud qui emprunte les canaux formés par les ondulations de la plate-forme est transférée à l'acier et de l'acier au béton. Un isolant en polystyrène extrudé est installé sous la plate-forme d'acier. Un autre système se compose de blocs en béton placés sur le côté, les vides alignés de façon à former des canaux par lesquels peut passer l'air chaud. La tuyauterie d'alimentation et de retour est créée en laissant un espace entre les rangées de blocs. Ces espaces sont recouverts d'une plate-forme en acier ondulé et une couche de béton de 100 mm d'épaisseur est coulée sur la surface. Un troisième système fait appel à une dalle de plancher composée de douzaines de tuyaux de drainage en plastique ondulé de 200 mm de diamètre installés dans le béton et recouverts de 100 mm de béton coulé. Les tuyaux jouent le rôle de canalisations d'air au travers de la dalle. Le coût de ces systèmes, à l'exclusion des ventilateurs, des registres, des contrôles et de la tuyauterie, varie de 40 à 50 $ le mètre carré. On peut en savoir davantage sur ces systèmes en consultant le numéro de mai 1982 du «Solar Age Magazine».

Chaleur d'appoint

Le projet de serre à chauffage exclusivement solaire peut s'avérer très cher. Si cette solution vous intéresse, communiquez avec un concepteur de serres solaires de votre région. Un projet moins cher consiste à s'en remettre à l'énergie solaire pour chauffer la serre dans la plupart des conditions météorologiques, mais à installer également un radiateur d'appoint qui servira au cours des jours longs, froids et nuageux et des nuits très froides lorsque l'énergie solaire n'est pas suffisante pour maintenir une amplitude de température acceptable. Dans la production d'aliments à longueur d'année, il est bon de pouvoir compter sur un radiateur d'appoint comme assurance contre les pertes de récolte.

Les radiants sont équipés de contrôles thermostatiques ou manuels. Les radiants à contrôle thermostatique se mettent automatiquement en marche lorsque la température descend en bas d'un minimum préétabli. Le fonctionnement automatique est pratique au début de la matinée, au milieu d'une nuit froide ou pendant les absences de plus d'une journée. Quant aux radiateurs à contrôle manuel, ils coûtent au moins 20 $ de moins que les radiants à contrôle thermostatique, mais exigent plus de vigilance de la part de l'opérateur au cours des mois les plus froids de l'année.

Le chauffage du bâtiment principal peut souvent apporter une chaleur supplémentaire à une serre en appentis. Assurez-vous d'abord que la chaudière ou les radiateurs existants de la maison peuvent effectivement recevoir la charge supplémentaire imposée par le chauffage de la serre. Par exemple, les chaudières à l'huile ou au gaz sont généralement d'une capacité supérieure aux besoins de la plupart des résidences canadiennes construites avant 1970. À moins que la taille de ces systèmes n'ait été réduite pour économiser l'énergie dans la maison, ils ont apparemment une capacité suffisante pour servir de système d'appoint à une serre en appentis. En pareil cas, il suffit d'agrandir le réseau d'approvisionnement thermique du bâtiment principal et d'installer une ou plusieurs sorties de chaleur dans la serre. Une autre façon de profiter de la chaleur du bâtiment principal pour chauffer la serre est d'assurer une bonne circulation d'air entre les deux structures. Pour ce faire, il suffit d'ouvrir les fenêtres, les portes et les ouvrants entre les structures contiguës de façon à maintenir une température acceptable dans la serre.

Pour les serres autonomes et les serres en appentis qui ne peuvent utiliser l'alimentation en chaleur du bâtiment principal, diverses solutions de chauffage d'appoint sont disponibles. À cet égard, les plinthes chauffantes électriques sont peut-être les moins chères à acheter et à installer. C'est le choix le plus courant pour les serres en appentis et elles deviennent de plus en plus recherchées pour les petites structures autonomes. Leur principal inconvénient réside dans le coût élevé de l'électricité comme source de chaleur dans la plupart des régions. Il n'en demeure pas moins que lorsque la serre est bien isolée et raisonnablement étanche à l'air, elle nécessite très peu de chauffage électrique.

Les radiateurs électriques sont généralement équipés de thermostats intégrés. Si le vôtre ne l'est pas, achetez un thermostat séparé que vous brancherez en ligne avec le radiateur. Les appareils de chauffage électriques devraient comprendre des ventilateurs pour assurer une circulation de l'air pulsé dans toutes les parties de la serre. Les radiateurs électriques exigent un fil électrique et un réceptacle à haute résistance. Un radiateur de 120 volts et de 1 650 watts avec ventilateur et thermostat intégrés coûte environ 75 $ contre environ 200 $ pour un radiateur de 220 volts et de 4 000 watts.

Pour évaluer la puissance du radiateur électrique nécessaire pour votre serre, utilisez le tableau 6 tiré de la publication intitulée *Low Cost Passive Solar Greenhouses*, publiée par le *National Center for Appropriate Technology*. Le tableau 6 suppose que la serre est construite conformément aux normes d'isolation, d'infiltration, de vitrage et de stockage thermique présentées au tableau 5. Il suppose également qu'aucun matériau isolant n'est utilisé la nuit.

À l'aide des données du tableau 6, la capacité minimale d'un radiateur électrique nécessaire pour fournir de la chaleur d'appoint à une serre autonome servant à prolonger la saison et dont la surface de vitrage est de 15 m² dans la région d'Edmonton (5 589 degrés-jours) est de

15 m² × 110 W/m² de vitrage = 1 650 W

Les dispositifs de chauffage au gaz naturel, à l'huile, au propane ou au bois peuvent également servir de systèmes d'appoint dans la serre. Les poêles à bois ont tendance à faire perdre plus de temps et à être moins pratiques que les autres. Mais selon l'endroit où vous vous trouvez, le bois peut s'avérer une source d'énergie bon marché. Un poêle à bois hermétique de bonne qualité, approuvé par l'Association canadienne de normalisation et capable de chauffer une serre de 25 m² pendant toute la nuit, coûte entre 300 et 600 $. L'installation de la cheminée, des matériaux de protection contre la chaleur pour les objets inflammables à proximité et des ventilateurs pour la distribution de la chaleur ajoute 100 à 200 $ supplémentaires. Mieux vaut suivre les directives du fabricant pour l'installation. Placez le poêle au centre de la serre et prévoyez suffisamment de blindage du tuyau et du poêle pour pouvoir placer celui-ci à moins de 500 mm des bâches de culture.

Les dispositifs de chauffage au gaz naturel, au propane, au kérosène et à l'huile font tous de bons systèmes de chauffage d'appoint. Les fabricants et les fournisseurs de serres vendent ce genre de dispositif. Leurs plus petites unités peuvent être justement ce que vous recherchez. Pour déterminer la capacité du poêle à gaz ou à l'huile dont vous avez besoin, utilisez le tableau des capacités de radiateurs électriques (tableau 6). Ces valeurs doivent être accrues d'un facteur de 1/0,8 pour tenir compte du plus bas rendement des chaudières à gaz et à l'huile. Le rendement permanent de ces chaudières est d'environ 80 %, contre 100 % pour les radiateurs électriques. Puisque la capacité thermique des dispositifs de chauffage à gaz et à l'huile est encore couramment exprimée en unités thermiques britanniques (BTU) par heure, il suffit de multiplier le chiffre de la puissance en watts du tableau 6 par 3,4 pour obtenir le nombre d'unités thermiques britanniques dont vous avez besoin par mètre carré de surface de vitrage. Multipliez ensuite le résultat par le nombre total de mètres carrés de surface vitrée de votre serre pour obtenir la capacité de production de chaleur du poêle à l'huile ou au gaz dont vous avez besoin. Par exemple, une serre autonome de 30 m² de vitrage utilisée à longueur d'année dans la région de Montréal

Tableau 6 Capacité minimale recommandée pour les radiateurs électriques de serres solaires à stockage passif.

Zone en degrés-jours (°C)	Capacité minimale du radiateur* (W/m² de vitrage)			
	Pour prolonger la saison		À longueur d'année	
	Autonome	En appentis	Autonome	En appentis
jusqu'à 3 500	60	50	60	50
3 500 à 5 000	90	60	110	90
5 000 à 6 500	110	90	130	110
6 500 à 8 000	130	110	150	130

*Ces chiffres ont été déterminés en utilisant 5 °C comme seuil de température intérieure de la serre. Même si aucune culture productive n'est possible à une aussi faible température et que les cultures de climat chaud ne peuvent survivre à ces extrêmes, ce minimum suffit à empêcher les plantes de climat frais de geler.

(4 471 degrés-jours) nécessite un dispositif de chauffage à gaz ou à l'huile d'une capacité minimale de

30 m^2 × 1/0,8 × 110 W/m^2 de vitrage ×

3,4 BTU/h par Watt = 14 025 BTU/h

Ce rendement représente celui d'un très petit poêle à gaz ou à l'huile. Les fournisseurs commerciaux de serres ne seraient probablement pas capables de fournir les appareils de moins de 20 000 BTU/h. Les quincailleries et les vendeurs d'appareils ménagers gardent souvent en stock de petites chaufferettes qui peuvent être utilisées dans une serre. Ces appareils coûtent généralement moins de 200 $. Une chaufferette à gaz d'une capacité de 20 000 BTU/h achetée d'un fournisseur de serres coûte entre 350 et 500 $.

Presque tous les dispositifs de chauffage à gaz, à l'huile, au propane ou au kérosène exigent des cheminées pour évacuer les gaz de combustion de la serre. Les seules exceptions sont quelques radiateurs au mur qui sont installés un peu à la façon des climatiseurs de fenêtre. Ces appareils sont scellés de l'intérieur de la serre. Ils tirent leur air de combustion de la serre et évacuent les gaz à l'extérieur. Ces systèmes n'exigent aucune cheminée. La plupart des chaufferettes à combustible fossile exigent, outre une cheminée, l'accès à une alimentation en air suffisante pour soutenir la combustion (fig. 32). Une petite prise d'air de l'extérieur pratiquée dans le mur et se terminant près de la chaufferette fera l'affaire. Les chaufferettes à l'huile ou à gaz sont généralement munies de contrôles thermostatiques ou manuels.

Pour un système de ventilation automatique utilisé de concert avec une chaufferette à gaz ou à l'huile, les contrôles thermostatiques deviennent essentiels. Si la chaufferette devait continuer de fonctionner après le démarrage du système de ventilation automatique, la chute de pression créée dans la serre par les ventilateurs d'extraction provoquerait un refoulement de cheminée susceptible de ramener les gaz de combustion dans la serre et de nuire aux plantes et aux gens. Pour éviter cela, réglez le thermostat du ventilateur à un minimum de 5 °C plus élevé que le thermostat de la chaufferette.

Environnement

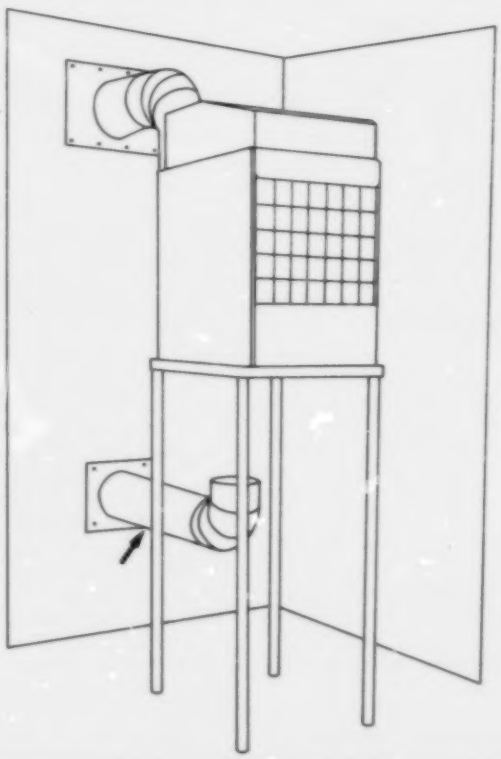
La serre solaire permet de produire un environnement contrôlé dans lequel il est possible de cultiver des plantes à longueur d'année. Toutefois, le maintien d'un environnement artificiel nécessite des soins constants. Pour réussir, le jardinier doit connaître les conditions requises pour chaque type de culture et il doit savoir comment utiliser les systèmes de sa serre pour réaliser les conditions propices à la croissance.

Pour assurer une bonne croissance des plantes, il faut les placer dans des conditions favorables : plages de température définies, degrés d'humidité compris entre 60 et 80 %, concentration de dioxyde de carbone d'environ 300 ppm, voisine de celle de l'atmosphère, et éclairage approprié.

Le jardinier apprend à utiliser la serre et ses systèmes en vue de créer et de maintenir ces conditions favorables à la croissance des plantes. La température est maintenue à la valeur voulue au moyen d'un système approprié de stockage dans la serre, d'un système de ventilation approprié et d'un système de chauffage d'appoint saisonnier. Le réglage du degré d'humidité relative et de la concentration en dioxyde de carbone est effectué par une utilisation appropriée du système de ventilation. On peut compenser les insuffisances de l'éclairement et la brièveté des jours en utilisant un éclairage artificiel pour les jeunes plants, en planifiant la culture des différentes plantes en fonction de la saison et en disposant les plantes dans la serre en fonction de leurs besoins de lumière.

On peut disposer les éléments de façon à tirer profit des diverses zones climati-

Fig. 32 Un petit dispositif de chauffage au gaz peut être utilisé comme système d'appoint d'un système de chauffage solaire. Remarquer qu'il y a introduction d'air frais dans l'appareil de chauffage.



ques qui existent à l'intérieur de la serre. Il faut toujours envisager des solutions de rechange appropriées pour la disposition des zones de stockage de la chaleur, des allées, des espaces de culture et des différentes plantes.

Température

Selon leur modèle, les serres solaires ont une plus ou moins grande capacité de capter, d'emmagasiner et de libérer la chaleur. Cependant, au Canada, presque toutes les serres solaires ont besoin d'un système de chauffage d'appoint pour maintenir la température au-dessus d'un minimum de 6 à 10 °C pendant les nuits d'hiver. Se reporter à la section «Chaleur d'appoint» de la partie «Construction» du présent texte pour une étude approfondie de ce sujet.

Disposer tous les systèmes de chauffage auxiliaire de façon que l'air chaud ne souffle pas directement sur les espaces de culture. Placer l'appareil de chauffage vers le centre du mur nord, loin des planches, soit sur le plancher, soit sur un support bas. On peut aussi utiliser pour distribuer l'air chaud, un tube en polyéthylène perforé fixé à un petit ventilateur et partant de l'appareil de chauffage.

Toutes les serres ont besoin d'être refroidies pendant l'été, et un grand nombre doivent aussi être refroidies pendant les jours ensoleillés de printemps et d'automne, et même d'hiver. Le système de ventilation, formé de trous au niveau du faîte et des murs nains, d'une prise d'air extérieur placée sur un mur latéral et d'un ventilateur d'extraction, constitue le système de refroidissement de la serre, dont le rôle est d'expulser l'air chaud de la serre tout en aspirant l'air froid.

La section «Systèmes de refroidissement et de ventilation» décrit les différents systèmes disponibles et explique la meilleure façon de les utiliser pour régler la température.

Humidité relative et dioxyde de carbone

Le système de ventilation, en plus d'éliminer l'excès de chaleur de la serre, permet de régler le degré d'humidité relative et la concentration en dioxyde de carbone dans l'air de la serre.

L'air aspiré de l'extérieur contient environ 300 ppm de dioxyde de carbone. L'air aspiré d'une maison bien isolée contient habituellement des concentrations encore plus élevées de dioxyde de carbone car, par le mécanisme de respiration, les personnes absorbent l'oxygène et expirent de l'air enrichi en dioxyde de carbone. Étant donné que les plantes ont besoin de dioxyde de carbone pour produire des sucres, elles poussent mieux dans un environnement ayant une forte teneur en ce composé. Pour certains types de culture, les maraîchers commerciaux augmentent la teneur en dioxyde de carbone dans leur serre jusqu'à environ 1 500 ppm. Même si le jardinier amateur ne peut pas maintenir une telle concentration, il doit viser la plus haute concentration possible. Une serre fermée peut contenir jusqu'à 500 ppm de dioxyde de carbone le matin, mais les jours ensoleillés, la concentration peut descendre à moins de 200 ppm en quelques heures seulement lorsque l'air n'est pas remplacé. De faibles concentrations en dioxyde de carbone entraînent un ralentissement appréciable de la croissance.

Au cours de l'été, dans les régions sèches, l'air des serres peut devenir trop sec pour permettre une croissance optimale. On peut augmenter le degré d'humidité autour des plantes en pulvérisant délicatement de l'eau à l'aide d'un ajutage approprié. On peut produire un léger brouillard au-dessus des allées et des planchers. On peut également mouiller les allées et le plancher. À mesure que l'eau s'évapore, l'air de la serre devient plus humide.

Pendant l'hiver, il peut être particulièrement difficile de maintenir les bonnes plages d'humidité relative et de concentration en dioxyde de carbone. Dans les serres en appentis, l'air peut être échangé directement avec celui de la maison. Cependant, dans le cas des serres autonomes, la ventilation doit se faire par des échanges avec l'extérieur. On doit essayer de faire la ventilation pendant la partie la plus ensoleillée de la journée. Même en procédant ainsi, il peut être nécessaire, pour maintenir la bonne température, certains jours froids, d'allumer l'appareil de chauffage lorsqu'on effectue la ventilation. L'utilisation d'un ventilateur de circulation intérieur pendant ces périodes permet de réduire l'excès d'humidité accumulée autour des plantes, ce qui diminue les risques de maladies fongiques et apporte une plus grande quantité de dioxyde de carbone aux plantes.

Dans les serres annexées à des maisons bien isolées et dans les serres autonomes de plus grandes dimensions, on utilise un échangeur de chaleur air-air pour résoudre les problèmes d'humidité relative et de concentration en dioxyde de carbone tout en réduisant au minimum l'accroissement des coûts du chauffage. L'air frais de l'extérieur aspiré dans l'échangeur de chaleur est réchauffé par l'air chaud de l'intérieur qui est expulsé. Les deux écoulements d'air sont séparés dans le coeur de l'échangeur par des parois minces qui permettent le transfert de la chaleur sans que l'air chaud et l'air frais se mélangent. De cette façon, on recycle la chaleur et on règle le degré d'humidité relative ainsi que la concentration en dioxyde de carbone.

Conception des serres

Pour qu'elles aient une efficacité thermique maximale, la plupart des serres solaires en appentis ne doivent pas avoir une largeur dépassant 4,5 m. Cette largeur relativement faible en limite les possibilités d'aménagement.

Les plantes poussent habituellement le mieux dans la moitié de la serre du côté vitrage. C'est généralement cet espace qui reçoit le plus de lumière. Évidemment, l'étendue de cet espace varie quelque peu, selon que le toit isolé est plus ou moins grand, qu'il existe ou non des obstacles extérieurs produisant de l'ombre à l'intérieur de la serre et que les murs est et ouest sont plus ou moins isolés. On peut se baser sur les lignes directrices suivantes pour déterminer l'étendue exacte du meilleur espace de culture de sa serre et pour optimiser son utilisation.

- Pour éviter l'ombre produite par les murs nains pleins, soulever les planches ou les tablettes de culture jusqu'au niveau du vitrage (fig. 33). Modifier la serre pour qu'il y ait une hauteur libre suffisante pour la croissance des plantes côté sud.
- Lorsqu'on n'utilise pas de ventilateur de circulation de façon continue, l'air froid descend et reste au niveau du sol. Dans une serre construite à un niveau inférieur à celui de la maison à laquelle elle est annexée, il faut s'assurer que les tablettes et les planches sont au moins aussi élevées que le plancher de la maison afin que les plantes soient au-dessus de l'air froid qui reste au niveau du plancher.

- Les plantes qui poussent tout contre le vitrage retiennent l'air froid à leur niveau. Il faut par conséquent laisser un peu d'espace (de 50 à 75 mm) entre le vitrage et la planche ou la tablette pour permettre à l'air froid de descendre jusqu'au plancher. Cet espace prévient aussi une exposition directe des plantes à l'égouttement de l'eau de condensation à partir du vitrage.

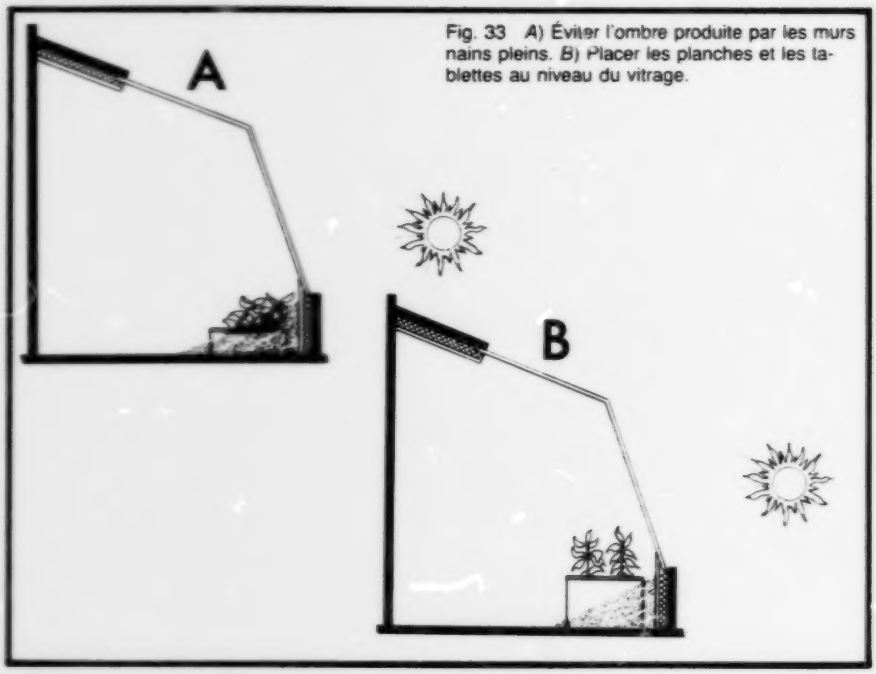


Fig. 33 *A*) Éviter l'ombre produite par les murs nains pleins. *B*) Placer les planches et les tablettes au niveau du vitrage.

Place de l'unité de stockage de la chaleur

Lorsqu'on utilise de l'eau pour stocker la chaleur, il faut déterminer le meilleur emplacement pour les contenants. La zone la plus ensoleillée est celle qui convient le mieux au stockage de la chaleur, mais elle est aussi le meilleur espace de culture. Il faut par conséquent faire certains compromis dans la disposition des éléments de la serre.

La zone qui se trouve directement derrière un mur nain vertical vitré et orienté vers le sud de même que la partie élevée le long du mur nord sont deux bons endroits pour placer les contenants de stockage passif de la chaleur, car ils sont directement exposés au soleil en hiver. Lorsqu'on effectue la culture en tablettes plutôt qu'en planches, on peut utiliser des contenants de stockage, par exemple des réservoirs de 200 L, pour supporter ces tablettes le long du mur nord. À cet endroit, les réservoirs sont bien exposés au soleil en hiver et c'est là qu'ils empiètent le moins sur les espaces de culture optimaux.

Zones climatiques intérieures

Avant de finaliser un aménagement du plancher, il faut d'abord tenir compte des différentes zones d'éclairement et de température à l'intérieur de la serre (fig. 34). On peut mettre à profit la diversité des conditions environnementales qu'offrent ces zones pour cultiver différents types de plantes nécessitant des conditions différentes pour leur croissance.

Étant donné que l'air chaud s'élève, les zones les plus chaudes sont toujours situées près du faîte de la serre. Des tablettes placées sur des barils superposés le long du mur nord permettent d'obtenir de bonnes conditions pour commencer à faire pousser des jeunes plants, car l'air chaud qui se trouve à cette hauteur favorise la germination. Les barils jouent ainsi deux rôles : ils servent de contenants pour le stockage de la chaleur et de support pour les tablettes de culture. Ces tablettes doivent être placées sur des lattes ou un grillage métallique pour qu'il y ait une bonne circulation d'air autour des plantes et des contenants de stockage de la chaleur. Le déplacement de l'air favorise la circulation de la chaleur et la croissance des plantes.

La zone adjacente au vitrage est la plus éclairée de la serre mais elle est aussi celle qui est soumise aux plus importantes variations de température, particulièrement lorsqu'on n'utilise pas de rideaux de nuit. En dépit des extrêmes de température, cette zone est celle qui convient le mieux pour les planches et les tablettes de culture. Lorsqu'il n'y a pas de porte dans le mur est, on peut étendre l'espace de culture le long de l'extrémité est de façon à profiter au maximum de la lumière du matin.

La zone se trouvant le long du mur nord est la plus ombragée, particulièrement le printemps, l'été et l'automne lorsque le soleil est plus haut dans le ciel. Il est préférable de placer dans cette zone les contenants de stockage de la chaleur ainsi que les plantes qui préfèrent l'ombre pendant ces mois. Quelle que soit la disposition, il faut toujours placer les plantes hautes, par exemple les tomates, les concombres et les melons, vers l'arrière de façon qu'elles n'empêchent pas la lumière venant du sud d'éclairer les plantes basses.

Planches et tablettes de culture

Les contenants utilisés pour la culture doivent être choisis en fonction du type de plantes. Des planches assez profondes pouvant recevoir des systèmes radiculaires profonds conviennent bien à la culture des légumes. Les plantes à enracinement profond, par exemple le brocoli, les tomates, les melons et les concombres, poussent dans 60 cm de sol, tandis que les plantes à enracinement peu profond, par exemple la laitue et les autres légumes verts, poussent bien dans 30 à 45 cm de sol. Dans 45 à 60 cm de sol, on peut faire pousser la plupart des autres types de légumes. Des planches plus profondes offrent les avantages suivants : arrosage et fertilisation moins fréquents, et contribution au stockage global de la chaleur. La terre mouillée est un excellent milieu de stockage de la chaleur.

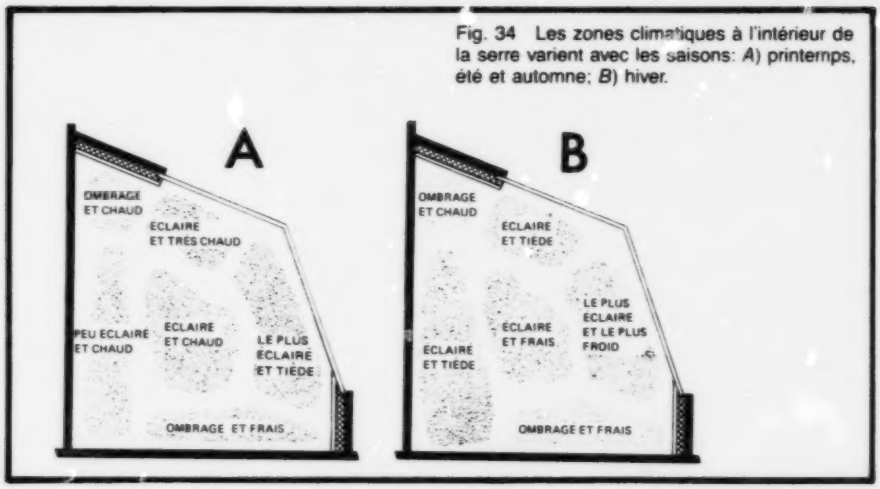


Fig. 34 Les zones climatiques à l'intérieur de la serre varient avec les saisons: *A*) printemps, été et automne; *B*) hiver.

On peut creuser des planches semblables à celles d'un jardin dans le sol existant qui a été laissé exposé sur le plancher d'une serre construite au niveau du sol. Les serres construites sur un toit, une véranda ou un deuxième étage nécessitent évidemment des planches élevées reposant sur une base. Lorsqu'on a accès d'un seul côté, il ne faut pas donner aux planches une largeur dépassant 100 cm. Lorsqu'il y a une allée de chaque côté, on peut élargir les planches jusqu'à 150 à 180 cm. Cependant, lorsque la facilité d'accès n'est pas une priorité et qu'on veut profiter au maximum de l'espace de culture, on peut construire des planches de culture plus larges au niveau du sol à condition de disposer des planches en bois ou des pierres permettant d'avoir accès à toutes les zones.

Planches élevées—Pour construire une planche de culture élevée et enclose, on utilise des planches plutôt que du contre-plaqué. La colle utilisée pour le contre-plaquage a tendance à perdre ses propriétés lorsqu'elle est exposée à l'eau de façon continue; à la longue, le contre-plaqué gauchit donc. On doit utiliser des planches d'au moins de 20 mm d'épaisseur. Les planches épaisses ne pourrissent pas aussi vite sur toute leur épaisseur que les planches minces. Pour permettre un égouttement suffisant, perforer des trous de 20 mm de diamètre à intervalles de 150 mm au fond des planches de culture. Couvrir les trous de grillage afin d'empêcher le sol de s'échapper par ces trous ou de les obstruer. Dans le cas d'une planche de culture en lattes, recouvrir entièrement le fond de grillage et laisser des espaces de 13 mm entre les lattes. Étant donné que les lattes renflent lorsqu'elles sont en contact avec l'humidité, les espaces qui les séparent ont tendance à se rétrécir un peu.

Planches de culture au niveau du sol—Lorsque le sol original de la serre s'égoutte facilement, une planche légèrement élevée creusée à même le sol permet d'économiser le coût des matériaux de construction. De plus, les planches creusées à même le sol offrent les conditions qui ressemblent le plus à celles d'un jardin extérieur. Ces planches permettent d'atténuer certains problèmes propres à la culture dans des contenants, par exemple le dessèchement rapide du sol, et les vers de terre de même que les autres organismes naturels du sol qui ont des effets bénéfiques peuvent facilement y avoir accès.

Pour construire des planches à même le sol, il suffit de creuser à une profondeur de 60 à 90 cm. Placer 10 cm de gravier lavé au fond de la planche pour favoriser l'égouttement lorsque le sol contient de l'argile. Lorsque l'isolation de la fondation ne descend pas aussi bas que le trou creusé, poser de la mousse de polystyrène le long du mur de fondation. Pour tenir le sol en place, utiliser des roches entassées contre le côté de la planche, un mur en maçonnerie bas, des blocs de cendre ou des fragments de bois de construction.

Tablettes—Faire pousser les jeunes plants, les plantes ornementales et les autres plantes en pots sur des tablettes élevées. Les plantes placées à la hauteur de la taille bénéficient de l'air chaud qui se trouve à cette hauteur. Sous les tablettes, placer les plantes qui préfèrent l'ombre de même que les boutures et les jeunes plants qui viennent d'être transplantés.

Tout support robuste peut servir de tablettes. Les maraîchers commerciaux utilisent souvent un grillage résistant cloué à un cadre en bois. Le grillage facilite l'égouttement et la circulation d'air par en-dessous. Un rebord de 50 mm cloué autour de la tablette prévient le renversement accidentel des pots et permet de placer une couche de gravillon peu profonde. On place les pots sur le gravillon pour obtenir un meilleur égouttement.

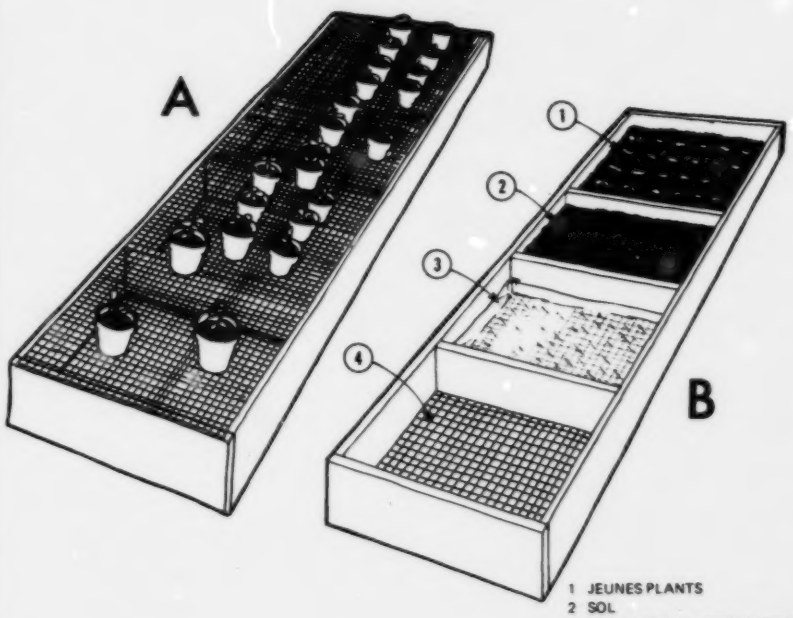
Gagne-place—En suspendant les pots, on peut accroître du tiers l'espace de culture disponible et on peut ainsi profiter de l'air chaud et de la lumière dans la zone voisine du faîte de la serre. De nombreuses plantes ornementales rampantes et certains légumes peuvent pousser dans des pots suspendus. Les tomates cerises, les capucines, les thunbergias et les pétunias en cascade sont des plantes qui poussent bien dans des paniers suspendus.

En plus de réduire l'espace de culture occupé par les plantes, la culture verticale permet d'accroître le rendement et de prévenir les maladies résultant du contact direct des feuilles et des fruits avec le sol. On peut faire pousser verticalement de nombreux légumes, par exemple les concombres, les pois, les melons et les tomates. Avant de faire les plantations dans les planches, installer dans la serre, à une hauteur de 1,8 m un fil ou un treillis épais. Suspendre une corde, par exemple un fil de filet de pêche en nylon, entre le treillis ou le fil et la plante. Les plantes à vrilles, par exemple les concombres, les pois et les melons, grimpent d'elles-mêmes le long de la corde une fois que leurs vrilles ont été bien enroulées le long de cette corde en quelques points. Les tomates ne grimpent pas d'elles-mêmes. Il faut fixer la corde de façon lâche autour de la base de la plante. À mesure que celle-ci pousse, on enroule délicatement son extrémité autour de la corde.

Planches et tablettes transformables—La plupart des jardiniers urbains veulent probablement cultiver une variété de légumes, de plantes ornementales et de jeunes plants dans leur serre. Afin de permettre une utilisation multiple de l'espace de culture, les administrateurs de la Natick Community Farm de Natick (Mass.) ont conçu des tablettes portatives commodes qui peuvent être transformées en planches peu profondes (fig. 35). Les planches sont entourées d'un cadre en planches de 38 × 235 mm. Les fonds sont faits avec de la clôture métallique de 25 mm. Ce grillage est revêtu de plastique dans lequel des trous sont perforés afin de permettre l'égouttement. Pendant l'automne et l'hiver, on cultive dans ces planches des plantes à enracinement peu profond, par exemple la laitue et d'autres légumes verts.

Au début du printemps, on enlève le sol et le plastique puis on retourne les cadres afin de les utiliser comme support pour des plateaux de culture. On peut placer des réservoirs ou d'autres supports sous ces cadres transformables de façon à pouvoir travailler dans une position confortable.

Fig. 35 Tablette portative commode (*A*) pouvant être transformée en planche peu profonde (*B*).



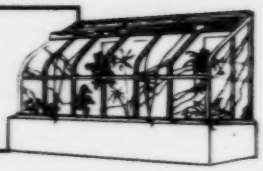
1 JEUNES PLANTS
2 SOL
3 FEUILLE DE PLASTIQUE TROUÉE
4 GRILLAGE 25 mm

Allées

Laisser des espaces de 45 à 60 cm pour les allées. Pour permettre le passage d'une brouette dans la serre, il faut une allée centrale de 90 cm. Ne pas laisser d'allées en terre car elles deviennent très boueuses. La pose de gravier sur les allées est une méthode efficace. Elle permet aussi d'augmenter la capacité de stockage de la chaleur. Une allée en béton est aussi efficace, mais il faut installer un drain pour éliminer l'excès d'eau utilisée pour le nettoyage et l'entretien.

TROISIÈME PARTIE

Gestion des serres



Cultiver des plantes dans une petite serre d'agrément peut être une source de satisfaction. On peut faire pousser une variété d'espèces allant des légumes ordinaires, comme les tomates et les concombres, aux orchidées et aux plantes tropicales les plus exotiques. Le plaisir éprouvé est fonction du succès obtenu, qui à son tour est lié au nombre de problèmes auxquels on a dû faire face. L'exploitation d'une serre d'agrément exige un long apprentissage. Devenir une main verte demande habituellement beaucoup de pratique.

De nombreux et excellents livres ont été écrits à l'intention des jardiniers amateurs. La plupart des auteurs de ces ouvrages possèdent de nombreuses années d'expérience. Avant d'investir dans une serre, l'amateur devrait se renseigner le plus possible. Le présent ouvrage vise seulement à fournir des renseignements de base nécessaires aux novices de la serriculture. Pour de plus amples détails, les intéressés pourront consulter la liste des ouvrages disponibles incluse dans la bibliographie.

Milieux de croissance

Sol

Le sol est le plus ancien et le plus courant des milieux utilisés pour la culture des plantes. C'est un mélange complexe d'éléments inorganiques et organiques. L'élément le plus stable du sol est sa partie minérale, soit le sable, le limon ou l'argile. Le sable est rude et pierreux au toucher, et ses grains ne s'agglutinent pas facilement. Un sol sableux à texture grossière se manipule facilement et s'égoutte bien, mais il ne retient pas bien les éléments nutritifs. Les particules de limon sont plus petites que le sable. Elles sont lisses au toucher et s'agglutinent plus fortement que le sable. Les vides d'air d'un sol limoneux sont par conséquent plus petits que ceux du sable, ce qui se traduit par un égouttement plus lent. Enfin, un sol limoneux ne reste pas lié lorsqu'il est desséché. Les particules d'argile sont encore plus fines que les particules de limon. En raison de leurs compositions physique et chimique différentes, elles absorbent véritablement l'humidité et les éléments nutritifs. Les particules de sol argileux se gonflent lorsqu'on ajoute de l'eau, ce qui a pour effet de rétrécir les pores, de rendre la masse compacte et de ralentir l'égouttement.

On appelle terre franche un sol de texture moyenne qui contient du sable, du limon et de l'argile en proportions harmonieuses. L'expression seule a un sens vague, et on qualifie habituellement un sol de terre franche sableuse, terre franche argileuse et ainsi de suite, selon la proportion des éléments.

L'état d'ameublissement qualifie la structure du sol, notamment la façon dont les particules de sable, de limon, d'argile et d'humus forment des granules de sol. On peut améliorer l'état d'ameublissement en ajoutant divers conditionneurs de sol synthétiques connus sous diverses marques de commerce et par les abréviations de leur nom chimique, par exemple VAMA, CMA et HPAN. Comme ces composés ne contiennent pas d'éléments nutritifs, on ne peut pas les substituer à l'humus.

L'humus est l'élément organique foncé du sol qui provient des résidus animaux et végétaux. L'humus améliore l'état d'ameublissement du sol et lui apporte des éléments nutritifs. Les matières organiques comme le fumier, les feuilles mortes, les tontes de gazon et la sciure de bois sont des sources commodes d'humus. On peut acheter dans les magasins d'articles de jardinage les matières qui forment de l'humus, par exemple du fumier bien décomposé, du terreau de feuilles ou de la mousse de tourbe. Pour qu'il puisse être utilisé dans des pots ou des tablettes de serre, le sol naturel doit la plupart du temps être traité spécialement pour avoir une porosité et une perméabilité à l'eau accrues. Lorsqu'on ne dispose pas de sol naturel, on doit utiliser un milieu de croissance sans sol.

Compostage

Le compostage permet de retourner au sol, sous forme d'humus, une grande quantité de matières organiques qui pourraient autrement être rejetées. La meilleure façon de fabriquer un compost consiste à placer des couches de matière végétale entre des couches de sol enrichi d'azote. Il existe de nombreuses façons de réaliser le compostage. On retourne fréquemment le tas de compost aérobie classique afin d'y faire pénétrer l'air destiné aux micro-organismes qui ont besoin d'oxygène. Il faut garder le mélange humide pour favoriser le processus de décomposition. Les micro-organismes naturels qu'on retrouve en grande quantité dans les bons sols ou dans les fumiers jouent également un rôle important dans le processus. Lorsque l'utilisation de fumier n'est pas souhaitable, on peut ajouter au tas de compost des engrais azotés et des produits contenant des micro-organismes, par exemple le Gro-zyme® et le Fertosan®.

On peut se procurer du compost prêt à utiliser, vendu dans des caisses en lattes de bois ou en grillage (fig. 36). Un compost prêt à utiliser doit être noir ou brun foncé, friable et inodore. Il se peut que le compostage ne soit pas une solution pratique pour le propriétaire d'une petite serre ou pour le jardinier amateur, car c'est une opération qui demande beaucoup de temps et d'espace.

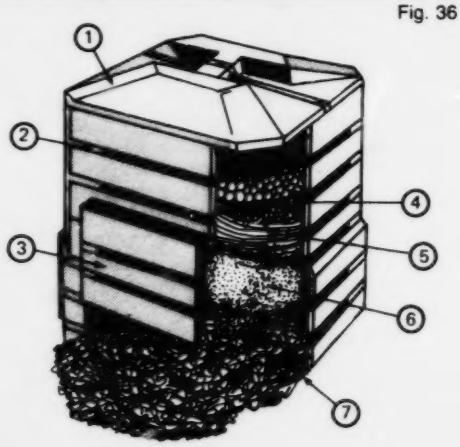
Milieux de croissance sans sol

Les milieux de croissance sans sol sont devenus des éléments importants de la culture de plantes en pots. Les milieux de croissance sans sol commerciaux sont des mélanges d'éléments organiques et d'éléments inorganiques; ils sont légers et ont de grandes capacités d'aération, de rétention d'eau et d'échange cationique.

Les éléments qui forment habituellement le mélange sont la tourbe de mousse, la vermiculite, la perlite, l'écorce ou la sciure compostée, le sable, la mousse de polystyrène et l'argile calcinée. On peut ajouter à ces milieux de culture du calcaire dolomitique (de 3 à 15 kg/m^3), des superphosphates (de 1,5 à 3,0 kg/m^3), des éléments à l'état de traces (de 75 à 125 g/m^3) et du nitrate de calcium ou de potassium (1,2 kg/m^3). Si nécessaire, un agent humidificateur (de 120 à 200 g/m^3) peut être ajouté. L'addition de ces éléments nutritifs permet d'obtenir une capacité de nutrition comparable à celle d'un sol de fertilité moyenne à faible.

L'achat ou la préparation de milieux de croissance sans sol coûte cher, mais la qualité de ces milieux est connue et leur rendement est prévisible. Le sol, d'autre part, est de nature très variable et peut nécessiter des opérations de stérélisation, de stockage et de manipulation. Un producteur qui compose son propre mélange, avec ou sans sol, devrait essayer de produire un mélange de meilleure qualité que ceux offerts sur le marché. Pour obtenir les meilleurs résultats, il faut utiliser le meilleur milieu d'enracinement disponible.

Fig. 36 Caisse de compost.



1 Le couvercle protège de la pluie et de la neige et laisse circuler l'humidité.

2 Ouvrants qui permettent aux bactéries aérobies de respirer et empêchent les mauvaises odeurs.

3 Portes coulissantes à la verticale pour permettre d'utiliser un compost noir et odoriférant.

4 Les micro-organismes décomposent les détritus qui demeurent humides et bien aérés dans la caisse à compost.

5 L'action des bactéries élève la température (jusqu'à 57 °C) ce qui détruit les graines de mauvaises herbes et les organismes pathogènes.

6 Les microbes de taille plus importante décomposent ensuite les détritus, ce qui accroît la fertilité et aère le compost.

7 Le compost en phase de finition.

Mélanges de germination

On peut acheter des mélanges de germination ou en préparer à partir d'ingrédients faciles à obtenir. On peut ainsi combiner de la vermiculite, de la perlite et de la tourbe de mousse en parties égales; du sol, du sable et de la perlite en parties égales; ou du sol, de la vermiculite et de la tourbe en parties égales.

Le mélange de l'Université de Californie est composé d'une partie de sable fin et de trois parties de mousse de tourbe. À chaque mètre cube de ce mélange, on ajoute 100 g de nitrate de potassium, 100 g de sulfate de potassium; 1 kg de superphosphates, 2,5 kg de dolomite et 2 kg de chaux contenant du carbonate de calcium.

Pasteurisation du sol

Les conditions qui existent souvent à l'intérieur d'une serre, par exemple les températures et les degrés d'humidité élevés, les faibles quantités d'éléments nutritifs et la culture continue de quelques espèces de plantes seulement, favorisent la prolifération des organismes pathogènes. Il est par conséquent nécessaire de détruire ces organismes contenus dans les milieux de croissance, les tablettes des serres ou les pots à l'aide de méthodes physiques (vapeur) ou chimiques. Ces traitements permettent aussi de détruire les nématodes, les insectes et les mauvaises herbes.

Ne jamais utiliser un sol de jardin ordinaire pour semer des graines ou faire pousser des plantes dans des pots. Il faut plutôt utiliser des mélanges de culture et des mélanges de semence stérilisés en vue de détruire les mauvaises herbes, les parasites et les agents pathogènes.

On pasteurise le sol pour éliminer les organismes nuisibles sans détruire ceux qui ont des effets bénéfiques. Lorsqu'on chauffe le sol à une température trop élevée, les micro-organismes bénéfiques sont détruits et le sol devient stérile. Il est alors susceptible de présenter un degré plus élevé d'infections par les bactéries et les champignons pathogènes, une forte libération d'ammoniac, une toxicité en manganèse et des concentrations de sel plus élevées; de plus, ses matières organiques peuvent être détruites.

Lorsqu'une serre est chauffée par un système central à l'eau, il est possible de pasteuriser le sol à la vapeur. Il faut maintenir la vapeur à une température d'environ 70 °C afin de prévenir une chaleur excessive.

On peut pasteuriser de petites quantités de sol dans un four. On place pour ce faire le sol humide dans un moule à pâtisserie en métal et on le chauffe à 80 °C pendant 30 minutes.

On peut aussi stériliser le sol par traitement chimique. On utilise du formaldéhyde à 40 % (formol) comme suit: on dilue 30 mL de formol dans 1,4 L d'eau et on asperge uniformément de cette solution un carré de sol de 60 cm de côté et de 2,5 cm d'épaisseur. On mélange bien le sol puis on le laisse recouvert d'un plastique pendant 12 heures. Avant d'utiliser le sol, on le laisse aérer pendant 24 heures ou plus, jusqu'à ce qu'il devienne inodore. On doit porter des gants en caoutchouc car le formaldéhyde est toxique. Il faut par conséquent lire l'étiquette accompagnant le produit et manipuler avec soin.

On peut aussi utiliser plusieurs autres fumigants, mais il faut être prudent. Il faut lire attentivement toutes les instructions inscrites sur les étiquettes et les suivre méticuleusement. Certains résidus peuvent rester dans le sol après la fumigation et nuire à la germination et à la croissance des plantes. L'étiquette doit préciser combien de temps il faut attendre avant de procéder à la plantation.

Il existe aussi de petits stérilisateurs électriques dont le coût n'est pas très élevé. Avec certains de ces appareils, la stérilisation est effectuée à l'air sec; avec d'autres, elle est effectuée par passage de vapeur dans le sol. Il faut éviter de trop chauffer le sol.

Il faut aussi nettoyer et désinfecter les pots, les instruments, les tablettes de culture et les supports avant de les utiliser. On peut stériliser les pots, les plateaux et les clayettes en les plongeant dans une solution composée d'une partie de Javex® ou de Chrolox® à 10 % et de neuf parties d'eau. Laisser le chlore de la solution se dissiper complètement avant d'utiliser les contenants. Il faut habituellement laisser s'écouler au moins 24 heures.

Eau

L'eau, élément fondamental du tissu végétal, peut constituer jusqu'à 85 % du poids d'une plante vivante. Elle maintient la pression de turgescence. Par conséquent, lorsqu'il y a manque d'eau, les cellules des feuilles s'effondrent et la plante se flétrit. La plus grande partie de l'eau absorbée par le système radiculaire passe dans l'air sous forme de vapeur d'eau par suite de la transpiration des feuilles.

Les meilleurs résultats sont obtenus lorsqu'il y a équilibre entre la quantité d'eau disponible dans le sol et la quantité rejetée dans l'air par la transpiration des plantes. Les plantes cultivées en plein soleil ou sous des lumières à des températures élevées ont donc besoin de plus d'eau que les plantes cultivées à des températures basses et elles doivent être arrosées souvent. Par contre, lorsqu'une plante est trop arrosée, ses racines sont incapables d'absorber l'air (oxygène) et elle est littéralement noyée. Un arrosage excessif produit les symptômes suivants :

- feuilles vert pâle ou jaunes
- feuilles aux extrémités ou aux bords bruns
- système radiculaire clairsemé comprenant peu de poils; de grandes parties des racines sont molles, spongieuses ou pourries. Le système radiculaire endommagé ne peut pas absorber l'eau ni les éléments nutritifs; il en résulte des symptômes de flétrissement, de ralentissement de la croissance et de carence en éléments nutritifs.

Un arrosage insuffisant se manifeste d'abord par le flétrissement de l'extrémité des jeunes feuilles qui sont molles. Le sol contenu dans le pot est sec et poussiéreux au toucher, le système radiculaire est sec et les poils radiculaires sont détruits. À la suite d'un manque chronique d'eau, les feuilles sont plus petites, les entrenoeuds sont plus courts et la plante prend un aspect durci. Dans les cas extrêmes, les bords des feuilles peuvent être brûlés.

On peut introduire un humidimètre dans le sol du pot pour mesurer le degré d'humidité relative et déterminer ainsi les besoins d'eau. Cependant, aucun instrument ne peut remplacer totalement le jugement d'une personne expérimentée.

Arroser les plantes abondamment et laisser le sol s'égoutter. Arroser de nouveau lorsque la couche supérieure de sol devient sèche.

Les semences en germination et les jeunes plants ont particulièrement besoin d'eau : les semences doivent absorber de l'eau pour qu'il y ait germination et les jeunes plants doivent développer leurs pousses et racines. L'alimentation en eau à ce stade de la croissance est essentielle. De même, une plante en croissance active a grandement besoin d'eau. Lorsque les plantes deviennent adultes, elles peuvent avoir un moins grand besoin d'eau, mais avec les températures élevées de l'été le besoin d'eau augmente de nouveau. Lorsque l'éclairage est plus faible et la température moins élevée, et que la croissance des plantes est plus lente, le besoin d'eau est moins grand. Le besoin d'eau dépend aussi de la composition du sol. Le sol idéal s'égoutte facilement, de sorte qu'il n'est pas inondé, mais il retient assez d'eau pour assurer une bonne croissance.

La quantité d'eau est importante, la qualité aussi. Une teneur élevée en sels est un problème courant. Un conductivimètre permet de mesurer avec une assez bonne précision la quantité de sels solubles totaux contenus dans l'eau. La conductivité électrique d'une eau adéquate ne dépasse pas 75 unités. Une conductivité de 75 à 200 unités est acceptable, mais une conductivité supérieure à 200 peut occasionner des dommages aux plantes.

La chloration de l'eau urbaine n'est généralement pas nuisible aux plantes cultivées en serre. Cependant, la fluoration de l'eau est réellement nuisible à certaines plantes. Les fluorures contenus dans l'eau peuvent provoquer le brunissement ou des brûlures sur les plantes à feuilles, comme les lis, les dracénas et les plantes araignées. En cas de dommages qui semblent causés par le fluorure, on peut envisager l'utilisation d'eau de pluie ou d'eau distillée ou l'élévation du pH du milieu de croissance de façon à bloquer l'effet du fluorure.

La température de l'eau doit être d'environ 15 °C ou un peu plus élevée. La plupart des plantes de maison sont d'origine tropicale et peuvent réagir à l'eau froide. Une plante arrosée à l'eau froide est soumise à un traitement choc qui peut arrêter ou ralentir le processus de croissance.

Dans une petite serre, la méthode classique d'arrosage, bien qu'elle ne soit pas économique, consiste à utiliser un arrosoir. Cependant, l'utilisation d'un boyau muni d'un ajutage est une méthode plus rapide. Utiliser des dispositifs brise-jet et des ajutages pour prévenir l'endommagement du matériel végétal et pour éviter que le milieu d'enracinement ne soit entraîné en dehors du pot ou de la tablette. Pour arroser les semences qui viennent d'être mises en pots ou en caissettes, utiliser un ajutage à gouttelettes superfines.

Plusieurs systèmes d'arrosage automatiques ou semi-automatiques peuvent être utilisés dans une serre. Un système d'arrosage périmétrique consiste en un tuyau de plastique placé autour de la tablette avec des ajutages qui dirigent l'eau sur le milieu d'enracinement au-dessous du feuillage. Dans un système d'arrosage à tubes (fig. 37), l'eau est amenée à chaque pot par un tube mince. Avec un système d'arrosage à tapis capillaire, l'eau peut monter dans un pot à partir du fond par capillarité. Ce système offre plusieurs avantages :

- une surveillance constante n'est pas requise
- possibilité d'une meilleure croissance
- l'alimentation des plantes peut être simplifiée par l'utilisation d'engrais à libération lente
- chaque plante reçoit la quantité d'eau nécessaire
- le degré d'humiditité dans la serre peut être augmenté, au profit des plantes tropicales. Attention : s'il n'y a pas une bonne circulation d'air, un degré élevé d'humidité peut augmenter le risque de maladies
- le système est simple et assez bon marché.

L'eau peut être distribuée dans le tapis par un tube de polyéthylène et des tubes de type spaghetti, chaque tube alimentant une superficie de tapis de 30 × 30 cm. Maintenir le tapis constamment humide mais non détrempé et ne jamais le laisser sécher complètement. Les pots dont le fond comprend plusieurs trous d'égouttement sont ceux qui conviennent le mieux avec cette méthode d'arrosage. Lorsqu'on installe les tapis, il faut arroser les plantes par le dessus pour amorcer le mouvement de l'eau par capillarité. On peut aussi ajouter un agent mouillant à l'eau utilisée pour l'arrosage par le dessus afin de faciliter l'absorption de l'eau. Il faut maintenir la tablette au niveau. Cependant, une légère

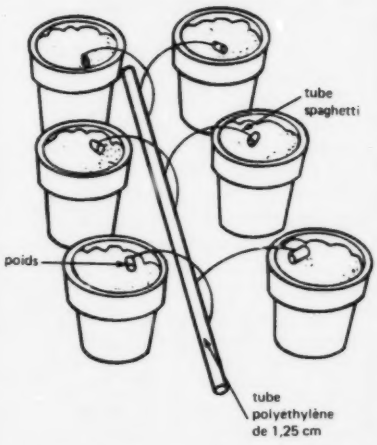


Fig. 37 Système d'arrosage automatique.

différence, de 2 à 5 cm, peut être tolérée. Couvrir la tablette d'une feuille de polyéthylène noir ou transparent avant d'installer le tapis. Le jardinier amateur aura sans doute avantage à utiliser des robinets manuels plutôt que des robinets automatiques.

Lumière

Le photopériodisme est la réponse d'une plante à la longueur relative des périodes de clarté et d'obscurité à l'intérieur d'un cycle de 24 heures. Selon le type de plante, différents phénomènes peuvent dépendre de cette réponse, par exemple la pigmentation rouge ou blanche des bractées des poinsettias, la floraison des chrysanthèmes ou la formation de tubercules chez les dahlias.

Suivant cette réponse, les plantes sont classées en trois groupes : les plantes de jours courts, les plantes de jours longs et les plantes indifférentes à la durée du jour. Les plantes de jours courts fleurissent seulement lorsque la nuit atteint une longueur critique. Par exemple, les poinsettias ont besoin d'une période de 12 heures d'obscurité pour fleurir. Les chrysanthèmes, les kalanchoes, les azalées et les bégonias Rieger ont également besoin de jours courts pour fleurir.

Les plantes de jours longs présentent certains phénomènes seulement lorsque la durée de clarté est plus longue que la durée d'obscurité. Par exemple, les asters produisent des tiges hautes et commencent à fleurir seulement lorsque les jours sont longs.

Les plantes indifférentes à la durée du jour, par exemple les roses, sont insensibles aux différences dans la longueur des jours.

Les plantes de jours courts ou de nuits courtes facultatives fleurissent quelle que soit la longueur du jour, mais plus rapidement pour certaines photopériodes.

La réponse à la longueur du jour dépend aussi de la température. Dans le cas des chrysanthèmes, par exemple, lorsque la température s'élève (à l'intérieur de certaines limites), la longueur de nuit critique devient plus courte.

L'élément régulateur des plantes qui sont sensibles à la photopériode est le pigment phytochrome qui sert de récepteur de lumière.

Dans une serre, on modifie la durée du jour en plaçant une toile à ombrer au-dessus des tablettes afin de prolonger la période d'obscurité. On peut aussi utiliser un éclairage supplémentaire pour prolonger la période de clarté. L'intensité de lumière requise pour faire varier la floraison en modifiant la photopériode est relativement faible : seulement 1 watt par surface de 30 × 30 cm.

La photosynthèse est le processus par lequel le dioxyde de carbone (CO_2) est converti en hydrate de carbone, dont les plantes ont besoin pour leur croissance et pour se maintenir en santé. Pour que le processus soit activé, les plantes ont besoin de l'énergie fournie par un éclairage naturel ou artificiel. Le processus peut se résumer par l'équation suivante :

CO_2 + eau + énergie (lumière) =

hydrate de carbone + oxygène.

La respiration est le processus inverse de la photosynthèse; elle fournit l'énergie requise pour les diverses fonctions liées à la croissance de la plante.

Le carbone, sous forme de CO_2, est un élément nutritif essentiel pour les plantes et on le retrouve dans l'atmosphère à une concentration de 0,03 %. Étant donné que les plantes répondent à une plus forte concentration de CO_2, il peut être avantageux d'accroître la concentration de CO_2 dans l'air d'une serre. On utilise couramment dans les serres des concentrations de CO_2 de 1 000 à 1 500 ppm, soit de 0,1 à 0,15 %, non nuisibles aux humains. L'augmentation des concentrations de CO_2 jusqu'à ces niveaux s'est traduite par une croissance fortement accrue, une maturité atteinte plus rapidement et des rendements plus élevés. On peut réduire de 20 % le temps requis pour faire pousser la laitue et augmenter de plus de 50 % le rendement des tomates. Pour obtenir de meilleurs résultats, augmenter également les concentrations des autres éléments nutritifs lorsqu'on augmente les concentrations de CO_2.

Les concentrations plus élevées de CO_2 sont efficaces seulement pendant la période de clarté, lorsque les trous de ventilation de la serre sont fermés. Le CO_2 additionnel peut être produit à l'aide de brûleurs au propane ou au gaz naturel, par injection de gaz carbonique ou par l'utilisation de neige carbonique. Le jardinier amateur peut faire brûler de l'alcool dans une lampe au kérozène à l'intérieur de sa serre. La concentration de CO_2 peut être mesurée à l'aide de trousses vendues sur le marché.

La lumière est la source d'énergie requise pour la photosynthèse et la fixation du carbone. Elle détermine par conséquent la vitesse de croissance des organes végétatifs et reproducteurs des plantes. La quantité de lumière requise pour la photosynthèse et la croissance subséquente, de 10 à 20 watts par surface de 30 × 30 cm, est de nombreuses fois plus grande que celle de 1 watt requise pour le photopériodisme. La croissance dépend de la quantité et de la qualité de la lumière à laquelle la plante est exposée. Les plantes qui sont exposées à la pleine lumière du soleil en été poussent rapidement tandis que les plantes qui sont exposées à la lumière naturelle réduite en hiver poussent lentement. Les plantes de serre sont exposées à des intensités de lumière aussi élevées que 130 000 lux (lx) en été et aussi faibles que 3 200 lx les jours nuageux l'hiver. Dans de nombreux cas, le point de saturation de lumière est atteint à environ 32 000 lx. Le lux est une unité d'éclairement correspondant à l'éclairement direct d'une surface dont tous les points sont à 1 mètre d'une source ponctuelle uniforme d'une bougie métrique (candela). Le lux équivaut approximativement à un dixième de pied-bougie. En général, l'intensité lumineuse requise varie d'un type de plante à l'autre.

La qualité de la lumière est aussi importante. Le spectre visible, de 400 à 700 nm, sert principalement à la photosynthèse. L'éclairage artificiel doit donner une combinaison de lumière fluorescente (riche en bleu) et de lumière incandescente (riche en rouge). On obtient un éclairage combiné en produisant environ 10 % de l'intensité lumineuse à l'aide de lampes incandescentes. Certaines lampes fluorescentes émettent un spectre semblable au spectre requis pour la photosynthèse. On peut aussi utiliser des lampes à décharge à haute intensité, des lampes aux halogénures ou des lampes à vapeur de sodium à haute pression.

Les lampes perdent de leur efficacité en vieillissant et il faut les remplacer lorsqu'elles commencent à être moins efficaces. On peut utiliser des réflecteurs pour exposer les plantes à une plus grande quantité de lumière. Le nombre de lampes d'une puissance donnée requises pour éclairer une superficie donnée à des fins précises se calcule de la façon suivante :

$$\frac{\text{(surface de culture)} \times \text{(watts par surface de 30} \times \text{30 cm)}^*}{\text{watts par lampe}}$$

* Il faut 10 watts de lumière par surface de 30 × 30 cm pour les semences en germination;
15 watts pour les plantes de faible énergie, dans la plage 530-5300 lx, comme : amaryllis, broméliacées, *cordylines*, *ficus*, fittonias et lierres;
20 watts pour les plantes à haute énergie, comme : azalées, chrysanthèmes, coléus, crotons, cyclamens, hydrangeas, poinsettias, portulacas et roses.

Nutrition des plantes

Quelque 16 ou 17 éléments sont nécessaires à la croissance des plantes. Le carbone (C), l'hydrogène (H) et l'oxygène (O) sont des éléments fondamentaux des plantes et ils sont fournis par l'air et l'eau. L'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont utilisés en assez grandes quantités et sont les principaux composants des engrais à usages multiples utilisés pour maintenir les niveaux d'éléments nutritifs dans le sol.

Engrais commerciaux

Sur chaque sac est inscrite une formule NPK, par exemple 5-10-5. Ces chiffres représentent les pourcentages d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K) du mélange. Les engrais à formule NPK élevée sont plus concentrés et habituellement plus chers.

Un zéro dans la formule signifie que l'élément correspondant est absent. Par exemple, la formule NPK 0-0-20 signifie que le mélange ne contient pas d'azote ni de phosphore mais contient 20 % de potassium. La méthode normale d'utilisation consiste à dissoudre un engrais concentré dans de l'eau de façon à obtenir une solution concentrée qui peut ensuite être diluée au besoin à l'aide d'un injecteur placé sur la conduite d'eau ou simplement par l'addition d'eau dans un arrosoir avant l'application. L'engrais le plus couramment utilisé dans les serres est le 20-20-20, auquel sont ajoutés les oligo-éléments essentiels.

À mesure que les plantes croissent, les concentrations d'azote et de potassium dans le milieu d'enracinement changent et il devient nécessaire d'apporter des corrections.

Les engrais à usages multiples sont habituellement faits à partir de composés inorganiques, comme le sulfate d'ammonium ou le nitrate d'ammonium pour l'azote, les superphosphates pour le phosphore, et le sulfate ou le chlorure de potassium pour le potassium. Les éléments nutritifs peuvent aussi provenir de sources inorganiques, comme la poudre d'os, qui contient de 3 à 5 % de N et de 20 à 35 % de P. La libération des éléments nutritifs provenant de sources organiques est relativement lente, de sorte qu'une fertilisation excessive à l'aide de ces sources risque moins d'endommager les plantes.

On prépare habituellement les engrais inorganiques à libération lente en combinant les éléments nutritifs avec des produits chimiques qui retardent leur décomposition ou en revêtant les particules d'engrais de substances plastiques à travers lesquelles les éléments nutritifs filtrent lentement.

Les éléments à l'état de traces, bien qu'ils soient habituellement présents dans le sol, peuvent ne pas être absorbés par les plantes en raison de l'alcalinité. Une carence en fer (Fe), par exemple, se traduit par la chlorose ou le jaunissement du feuillage. On peut acheter les éléments mineurs et les ajouter à l'engrais utilisé. Les éléments mineurs sont particulièrement importants lorsqu'on utilise un milieu de croissance sans sol.

L'Osmocote®, dont il existe une variété de compositions, est un engrais soluble enfermé dans une enveloppe de résine polymérique qui agit comme une membrane semi-perméable. La vitesse de libération dépend dans une certaine mesure de la température; elle est plus élevée dans les sols chauds et plus faible dans les sols froids. L'urée-formaldéhyde, engrais azoté organique synthétique, agit aussi lentement, et l'apport d'azote aux plantes dépend de l'activité des microorganismes du sol.

On produit les chélates en entourant les oligo-éléments voulus, par exemple le fer, le manganèse, le zinc et le cuivre, de composés chimiques organiques. Ce sont les formes chélatées de ces éléments qui sont le plus utilisées dans les serres.

L'utilisation excessive d'engrais peut provoquer une accumulation de sels dans le sol. Les sels causent des dommages aux racines ainsi qu'aux pointes et aux bords des feuilles. Les premiers symptômes de ce désordre sont habituellement le ralentissement de la croissance et le jaunissement ainsi que le flétrissement des feuilles. On peut éliminer l'excès de sels en arrosant abondamment le sol avec de l'eau propre deux ou trois fois. Après ce traitement, on engraisse le sol de façon modérée afin de remplacer les éléments nutritifs éliminés.

L'alimentation foliaire consiste à pulvériser des éléments nutritifs solubles sur les feuilles. Bien qu'elle ne remplace pas l'alimentation par le sol ou le milieu de croissance, cette méthode peut être pratique dans certains cas, lorsque la plante est endommagée ou sous choc ou encore lorsqu'elle présente une carence en éléments mineurs. L'alimentation foliaire peut être bénéfique aux plantes dont les systèmes radiculaires sont clairsemés ou malades.

Programmes d'alimentation

Le programme d'alimentation idéal devrait fournir tous les éléments essentiels de façon continue. Cependant, certains éléments peuvent être appliqués au milieu de croissance avant la plantation.

La plupart des milieux de culture ont une acidité élevée et par conséquent de faible pH parce qu'ils contiennent une grande proportion de tourbe. L'addition de calcaire finement moulu (de 2 à 10 kg/m³) fournit assez de calcium et de magnésium pour élever le pH du sol à un niveau approprié. On peut ajouter du phosphore à raison de 1 kg/m³ de sol. Ces additions sont suffisantes pour donner les quantités voulues de calcium, de magnésium, de phosphore et de soufre.

L'azote et le potassium sont facilement solubles et il faut en ajouter périodiquement, sauf lorsqu'on utilise des engrais à libération lente.

Deux programmes sont ordinairement suivis. Dans le premier, on applique de l'azote et du potassium en faible proportion (200 ppm) chaque fois qu'on arrose les plantes. Dans le deuxième, on applique l'engrais chaque semaine. Les concentrations varient alors de 200 à 400 ppm dans le cas des plantes pour plates-bandes à 720 à 750 ppm dans le cas des plantes gourmandes, comme les chrysanthèmes et les poinsettias.

Les conditions de croissance en serre varient, et la meilleure façon d'établir un bon programme d'alimentation consiste à faire des essais en se basant sur les règles données et à conserver des données sur les résultats obtenus.

Essais du sol

Les essais du sol donnent une idée de la concentration des éléments nutritifs. Les propriétaires de petites serres peuvent se procurer des trousses d'essai du sol qui, par des comparaisons colorimétriques, indiquent les concentrations d'éléments nutritifs de même que l'acidité du sol.

Dans certains laboratoires d'organismes provinciaux et d'universités, on effectue des essais de sol plus élaborés et plus précis. L'échantillon prélevé doit être représentatif du sol à analyser. Faire parvenir l'échantillon de sol au laboratoire le plus rapidement possible; lorsque l'échantillon est trop mouillé, on peut le faire sécher à l'air avant de l'envoyer.

Les laboratoires donnent au jardinier une interprétation des résultats. Ce dernier doit cependant s'appuyer sur son expérience pour établir, à partir de ces résultats, un programme efficace permettant de corriger les concentrations d'éléments nutritifs. Les meilleurs résultats sont obtenus par un prélèvement mensuel d'échantillons de sol en vue de déterminer les tendances de la concentration des éléments nutritifs et de réduire au minimum les erreurs d'échantillonnage.

pH

Le pH est un facteur qui joue un rôle très important dans la croissance et la nutrition des plantes. L'acidité et l'alcalinité se mesurent sur l'échelle du pH de 0 (acide pur) à 14 (alcali pur) (fig. 38). À partir du point neutre, c'est-à-dire le pH 7, la valeur augmente ou diminue suivant une progression géométrique; par exemple, un sol de pH 5 est dix fois plus acide qu'un sol de pH 6. Un sol légèrement acide (pH 6,5) est préférable pour la plupart des plantes. Les azalées sont une exception; elles requièrent un sol de pH de 4 à 4,5 pour bien croître. Le pH du sol détermine dans une certaine mesure la disponibilité de tous les éléments nutritifs essentiels aux plantes. Les éléments nutritifs sont le plus facilement accessibles lorsque le pH est de 6,2 à 6,8. Selon les espèces, des pH beaucoup plus bas ou beaucoup plus élevés peuvent être nuisibles à la croissance.

On augmente le pH du sol en lui ajoutant du calcaire finement moulu. Pour diminuer le pH et augmenter l'acidité, on ajoute du soufre élémentaire ou de la mousse de tourbe. Cette dernière agit de façon plus progressive que le soufre et elle améliore l'état d'ameublissement du sol. Pour mesurer le pH du sol, on utilise un papier indicateur, comme l'Hydrion®. On mélange d'abord une partie de sol avec deux parties d'eau du robinet. On fait ensuite tremper le ruban dans la solution pendant 30 secondes et on le compare avec une échelle de couleur. Il est préférable d'utiliser des brucelles, car les doigts peuvent transporter des contaminants qui risquent de fausser la lecture.

Carences en éléments nutritifs

On effectue des analyses du feuillage pour mesurer les quantités d'éléments absorbés par la plante. On a consacré beaucoup d'efforts en vue de déterminer les concentrations optimales d'éléments nutritifs dans les feuilles. Il existe des normes pour un grand nombre de plantes. Généralement, le laboratoire fournit les résultats de l'essai sous forme numérique, indiquant des concentrations d'éléments nutritifs allant d'un état de carence à des concentrations très élevées.

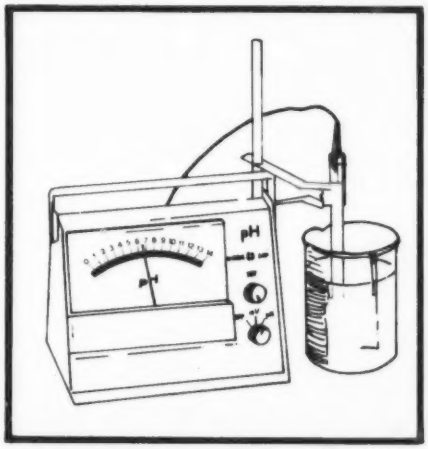


Fig. 38 L'acidité et l'alcalinité se mesurent sur l'échelle de pH de 0 à 14. Un sol légèrement acide, pH 6,5, convient à la plupart des plantes.

Avec l'expérience, on peut aussi évaluer la carence en éléments nutritifs chez les plantes par un examen visuel, et dans de nombreux cas ce diagnostic est très précis.

Pour corriger les carences en éléments nutritifs et les déséquilibres, quelles que soient les causes de ces problèmes, on ajoute les éléments manquants. On peut sans danger ajouter un mélange d'oligo-éléments lorsque les symptômes de carence en un seul oligo-élément se manifestent, pourvu que le mélange n'ait pas déjà été appliqué. Il faut cependant procéder avec soin car les excès d'oligo-éléments sont difficiles à corriger. L'addition de phosphore peut se faire à l'aide d'un engrais complet (N-P-K) ou de phosphate diammonique. On ajoute le calcium en utilisant du nitrate de calcium; le magnésium, du sulfate de magnésium; le soufre, du sulfate de magnésium ou du sulfate d'ammonium ou de potassium; le fer, du chélate de fer ou un sulfate ferreux pulvérisé sur le feuillage; le manganèse, du sulfate de manganèse; le zinc, du sulfate de zinc ou du chélate de zinc; le cuivre, du sulfate de cuivre ou du chélate de cuivre; le bore, du borax; et le molybdène, du molybdate de sodium ou d'ammonium. Il faut consulter les ouvrages et les autres sources en ce qui a trait aux concentrations à utiliser.

L'effet dominant d'une carence en tous les éléments essentiels est une croissance ralentie. Il est plus facile de comparer les symptômes de carence lorsque l'observation des plantes est faite pendant la croissance. La compétence dans le diagnostic des carences s'acquiert seulement par la pratique.

Substances de croissance

Les retardants et les stimulants jouent un rôle important dans la production des fleurs de serre. Ils ont des effets sur la formation des racines, la floraison et la croissance du tissu végétatif. Des produits chimiques comme le B-9®, le Cycocel® et le A-Rest® régularisent la croissance (hauteur) des plantes à fleurs et sont les plus couramment utilisés. Les stimulants, comme l'acide indole-butyrique, sont utilisés pour stimuler l'enracinement des boutures.

Il faut tenir compte de plusieurs facteurs pour utiliser efficacement les substances de croissance:

- Vigueur de la plante – une plante en santé tolère mieux l'utilisation de produits chimiques qu'une plante malade.
- Habitudes de croissance – le dosage est fonction de la variété; une variété à faible croissance demande moins de substance de croissance qu'une variété à forte croissance.
- Éclairement – les plantes cultivées sous faible lumière peuvent avoir besoin d'une moins grande quantité de retardants que les plantes cultivées sous forte lumière, et elles ne devraient pas être traitées pendant la période de chaleur élevée du jour.

Les substances de croissance sont généralement plus efficaces pour les jeunes plantes. Il faut utiliser la bonne concentration du produit; suivre les instructions données sur les étiquettes et mesurer soigneusement.

On peut appliquer les retardants en trempant le sol. Lorsqu'on emploie cette méthode d'application, il faut que les racines soient bien développées (pour appliquer le A-Rest® à des lis blancs, il est essentiel que ceux-ci aient un bon système radiculaire). Appliquer assez de produit pour mouiller toute la masse radiculaire. Pour un pot de 10 cm, il faut appliquer 90 mL de produit; un pot de 15 cm, 180 mL; un pot de 20 cm, 240 mL; et un pot de 25 cm, 300 mL.

L'application par pulvérisation est plus simple, mais il faut recouvrir uniformément tout le feuillage. Les feuilles doivent être turgides pour ne pas être endommagées et elles ne doivent pas être arrosées pendant les 12 à 24 heures qui suivent la pulvérisation afin que les substances chimiques ne soient pas entraînées avec l'eau d'arrosage. Utiliser un pulvérisateur distinct et bien le nettoyer après chaque application afin de prévenir les dommages inutiles causés par les résidus.

Une application unique est la méthode la plus économique mais elle présente plus de risques. Un traitement comprenant deux applications effectuées avec la moitié de la concentration recommandée et espacées de 1 à 2 semaines réduit les risques d'endommagement des plantes.

On peut utiliser le B-9® pour régulariser la hauteur des plantes pour plates-bandes, des chrysanthèmes, des hydrangeas et des poinsettias. On peut tremper le sol avec du A-Rest® pour régulariser la hauteur des chrysanthèmes, des lis et des poinsettias. Le Cycocel®, pulvérisé sur le feuillage ou appliqué au sol, permet de régulariser la hauteur des poinsettias.

Les gibberellines ont été présentées comme des substances de croissance dans des publicités montrant des choux géants. Le principal rôle des gibberellines, toutefois, consiste à régulariser la floraison; par exemple, elles favorisent la formation de fleurs mâles chez les concombres, ce qui est avantageux pour l'amélioration des plantes. On peut aussi utiliser les gibberellines pour obtenir de plus gros raisins sans pépins dans les serres et pour interrompre la période de repos des pommes de terre.

L'éthylène est une hormone à l'état gazeux active à presque toutes les phases du développement des plantes, de la germination des semences jusqu'à la sénescence des plantes. La floraison de certaines bromélies ornementales est stimulée par l'éthylène. Dans la production des concombres, l'accroissement du caractère femelle peut se traduire par une production plus rapide et un rendement plus élevé. On reconnaît depuis un grand nombre d'années le rôle de l'éthylène pour accélérer le mûrissement ou la sénescence des fruits, des légumes et des fleurs : le mûrissement des tomates est accéléré par l'éthylène. Par contre, l'éthylène peut causer l'abrasion des feuilles et des fleurs ainsi que le vieillissement prématuré des fleurs, comme dans le cas des oeillets.

Les jardiniers qui possèdent des serres d'agrément peuvent faire des essais avec plusieurs substances de croissance naturelles ou synthétiques. Cependant, il faut être familiarisé avec ces substances chimiques pour obtenir les résultats voulus, et il faut suivre les recommandations à la lettre.

Contenants

Les pots faits d'argile, de plastique, de papier pressé ou de tourbe sont les contenants les plus couramment utilisés dans les serres d'agrément. Le pot à fleurs de serre standard est aussi haut que large. Les plateaux à bulbes sont deux fois plus larges que hauts.

On utilise les pots en argile depuis de nombreuses années. Leurs parois sont poreuses et elles permettent l'échange d'air et d'eau. Ces pots sont très lourds, leur coût est assez élevé et il est de plus en plus difficile de s'en procurer. La croissance d'algues sur l'extérieur des pots en argile est un problème; il faut faire un nettoyage de temps à autre.

Les pots en plastique sont légers et non poreux; les algues ne peuvent pas s'y développer. Étant donné que l'air et l'eau ne peuvent pas être échangés à travers les parois de ces pots, le sol ne se dessèche pas aussi rapidement que dans les pots en argile. Il faut donc prendre soin de ne pas arroser les plantes de façon excessive et d'utiliser un sol plus poreux que dans les pots en argile. On utilise couramment des pots en plastique avec trous d'égouttement latéraux avec les systèmes d'arrosage à tapis capillaire, car les pots avec un seul trou d'égouttement ne sont pas efficaces avec un tel système.

Les pots en papier pressé sont utilisés une seule fois puis jetés. Il n'est pas recommandé de placer les plantes destinées à la vente dans de tels pots car ils ont tendance à se briser.

Les pots en tourbe sont utilisés seulement pour les plantes destinées à être transplantées; le système entier, plante et pot, est transplanté dans le sol. Ces pots

Clé des symptômes de carence en minéraux

Symptômes	Élément manquant
A. Symptômes se manifestant surtout sur les feuilles anciennes et les feuilles inférieures; effets localisés ou généralisés.	
B. Effets le plus souvent généralisés sur l'ensemble de la plante; les feuilles inférieures sont plus ou moins sèches ou brûlées.	
C. Plante vert pâle; feuilles inférieures jaunes, desséchées jusqu'à devenir brun pâle; tiges courtes et fines lorsque l'élément est en quantité insuffisante aux dernières phases de la croissance	**azote**
CC. Plante vert foncé, devenant souvent rouge et violette; feuilles inférieures parfois jaunes, se desséchant jusqu'à devenir brun verdâtre ou noires; tiges courtes et fines lorsque l'élément est en quantité insuffisante aux dernières phases de la croissance	**phosphore**
BB. Effets le plus souvent localisés; feuilles inférieures tachetées ou chlorosées, avec ou sans taches de tissus morts, ne présentant que de légers symptômes de flétrissement ou n'en présentant aucun.	
C. Feuilles tachetées ou chlorosées, généralement rougies, présentant parfois des taches de tissus morts; pointes et bords retournés ou évasés vers le haut; tiges fines	**magnésium**
CC. Feuilles tachetées ou chlorosées, présentant de grandes ou de petites taches de tissus morts.	
D. Petites taches de tissus morts, habituellement aux pointes et entre les nervures, plus marquées au bord des feuilles; tiges fines	**potassium**
DD. Taches généralisées, s'étendant rapidement, généralement dans les zones comprises entre les nervures, et éventuellement sur les nervures secondaires et même primaires; feuilles épaisses; tiges présentant des entrenoeuds rapprochés	**zinc**
AA. Symptômes touchant les nouvelles feuilles ou les feuilles de bourgeons; symptômes localisés.	
B. Bourgeon terminal se desséchant, après l'apparition de distorsions à l'extrémité ou à la base des jeunes feuilles.	
C. Les jeunes feuilles du bourgeon terminal sont d'abord généralement recourbées, puis meurent finalement à partir des extrémités et des bords, de sorte que ces zones ont plus tard l'air tronqué; finalement la tige meurt au niveau du bourgeon terminal	**calcium**
CC. Les jeunes feuilles du bourgeon terminal deviennent vert pâle à la base; il y a finalement décomposition à cet endroit; plus tard, les feuilles deviennent tordues et la tige meurt finalement à partir du bourgeon terminal	**bore**

BB. Le bourgeon terminal reste généralement vivant; les jeunes feuilles ou les feuilles de bourgeon sont flétries ou chlorosées, avec ou sans taches de tissus morts, et les nervures sont vert pâle ou vert foncé.

C. Les jeunes feuilles sont flétries en permanence (effet de flétrissement de pointes), sans taches de tissus morts ou chlorose marquée; souvent, la brindille ou la tige juste au-dessous de la sommité ne peut pas rester droite aux dernières phases de la croissance lorsque la carence est aiguë ..... **cuivre**

CC. Les jeunes feuilles ne sont pas flétries; elles sont chlorosées, avec ou sans taches de tissus morts dispersées.

D. Taches de tissus morts dispersées sur la feuille; les plus petites nervures ont tendance à rester vertes, ce qui donne un effet de disposition en damier ou de réticulation ..... **manganèse**

DD. Il n'y a généralement pas de taches de tissus morts; la chlorose se manifeste parfois sur les nervures qui deviennent alors vert pâle ou vert foncé.

E. Les nervures et le tissu entre les nervures des jeunes feuilles sont vert pâle ..... **soufre**

EE. Jeunes feuilles chlorosées, avec des nervures principales généralement vertes; tiges courtes et fines ..... **iode**

Source : *Diagnostic Techniques for Soil and Crops*, American Potash Institute.

sont fragiles et difficiles à manipuler séparément; ils doivent être placés dans des supports ou des caissettes. Les racines traversent habituellement les parois du pot, mais dans la plupart des cas il est recommandé de déchirer le pot avant la transplantation.

Il est plus simple de laisser pousser jusqu'à maturité la plante ou la graine dans le pot où elle a été initialement plantée, mais cette façon de procéder demande plus d'espace, et il faut prendre des précautions lorsqu'on place de petites plantes dans un grand volume de sol. Le plastique est en train de supplanter le bois dans la fabrication des caissettes et des alvéoles; on utilise notamment les Cell-Paks, petits contenants moulés en plastique contenant chacun de 4 à 12 cellules et regroupés au nombre de 2 à 12 par caissette de 52 cm. On fabrique des alvéoles de différentes tailles et de différents multiples de façon qu'ils soient compatibles avec les caissettes destinées à les recevoir; elles ne sont pas solidement liées et peuvent être facilement séparées.

Plusieurs fabricants produisent des caissettes en plastique. Les caissettes faites d'un plastique d'épaisseur 50 sont plus résistantes et peuvent être réutilisées après trempage dans une solution de stérilisation. La figure 39 montre quelques types de contenants aujourd'hui offerts sur le marché.

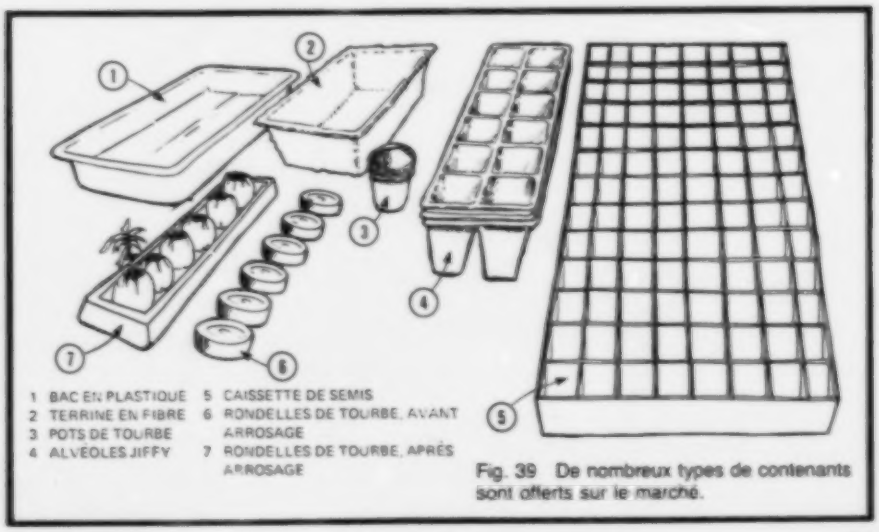


Fig. 39 De nombreux types de contenants sont offerts sur le marché.

Multiplication des plantes

Dans la serre d'agrément, les plantes sont généralement reproduites par voie sexuée ou végétative. La reproduction sexuée se fait à partir de graines. La multiplication végétative consiste à prélever des boutures des extrémités, des tiges ou des feuilles de la plante ou à prélever des bouts de racines puis à pratiquer un marcottage aérien ou un couchage de rameaux, ou encore un greffage. La multiplication par culture de tissus est une technique spécialisée et le jardinier amateur ne devrait pas s'y essayer avant de s'être informé convenablement et de s'être procuré l'équipement adéquat.

Fig. 40 Multiplication des plantes à partir de graines.

Graines

La durée de conservation des graines varie avec les espèces et les conditions de conservation. Dans des conditions normales, par exemple, les cyclamens ne germeront pas après 2 ans; les chrysanthèmes, 3 ans; les oignons, 4 ans; et les épinards, 7 ans.

Pour être sûr de réussir, le mieux est d'acheter des graines fraîches de marque réputée et de les semer à la bonne saison. Faire un semis aussi clair et régulier que possible dans des pots de 12,5 cm, dans des terrines à semis ou dans des plateaux à semis en plastique. Pour les graines qui prennent longtemps à germer, ajouter un fongicide protecteur dans le mélange pour éviter que les graines pourrissent. Après le semis, couvrir les graines avec un mélange à semis, idéalement d'une épaisseur égale à celle des graines. Placer les pots dans un plat contenant de l'eau ou vaporiser la terre de rempotage avec un fin brouillard jusqu'à ce qu'elle soit humide; ensuite, étiqueter les pots et les couvrir avec une plaque de verre ou une feuille de plastique (fig. 40).

À moins d'indications contraires, les graines de la plupart des plantes de serre germent bien à 18 °C. Les plantes qui nécessitent une serre chaude peuvent avoir besoin d'une température de 18 à 24 °C pour germer.

Lorsque les deux à quatre premières feuilles séminales sont apparues sur chaque plant (fig. 41), transplanter chacun dans des caissettes ou dans des pots remplis de terre de rempotage. Pour éviter la fonte des semis, arroser abondamment la terre avec un fongicide recommandé à cet effet. Après la transplantation, placer les plantes dans une serre bien éclairée, mais les protéger de la lumière solaire directe pendant quelques jours.

Plusieurs espèces de graines ont des difficultés à germer car elles sont dormantes. En termes très généraux, la dormance peut être causée par un tégument imperméable, par la présence d'inhibiteurs chimiques dans le tégument ou par des facteurs internes comme un embryon rudimentaire.

Les graines ayant un tégument dur germent si celui-ci est éraflé ou brisé; ce processus est appelé scarification. On peut scarifier de grosses graines en limant ou en entaillant le tégument, en brassant les graines dans du sable ou dans d'autres produits abrasifs, ou encore en les frottant entre deux feuilles de papier de verre.

Les exploitants de serres commerciales font parfois tremper les graines à tégument dur dans de l'acide sulfurique concentré. Ce procédé est déconseillé aux jardiniers amateurs. Une autre méthode, plus acceptable, consiste à immerger les graines dans de l'eau chaude (de 77 à 100 °C).

Les graines qui ont besoin d'une maturation complémentaire germent mieux après avoir subi un refroidissement en milieu humide (stratification). Laisser tremper les graines dans l'eau pendant 24 heures, les égoutter, puis les placer dans un mélange moitié sable moitié sphaigne. Utiliser environ trois fois plus de mélange qu'il y a de graines et maintenir le mélange humide pendant la période de refroidissement. Placer le mélange contenant les graines dans un sac ou un contenant en polyéthylène qui permet l'aération et conserver le tout à 2 °C pendant 1 à 4 mois, suivant les espèces. Enlever les graines et les semer à température assez basse, environ 18 °C.

Ceux qui aiment les expériences peuvent essayer un traitement chimique à la place du refroidissement. On peut faire tremper les graines pendant 24 heures dans une solution contenant 5 ppm de gibberellate de potassium à 0,5 %. Si cela ne suffit pas pour mettre fin à la dormance, augmenter la concentration du produit chimique. On peut aussi traiter les graines avec de l'ethephon (Florel®) pendant 5 minutes dans une solution à 300 ppm. Une solution de nitrate de potassium à 0,2 % peut accélérer la germination si la graine est placée sur un papier buvard dans une petite coupelle et si elle est humidifiée régulièrement avec de l'eau.

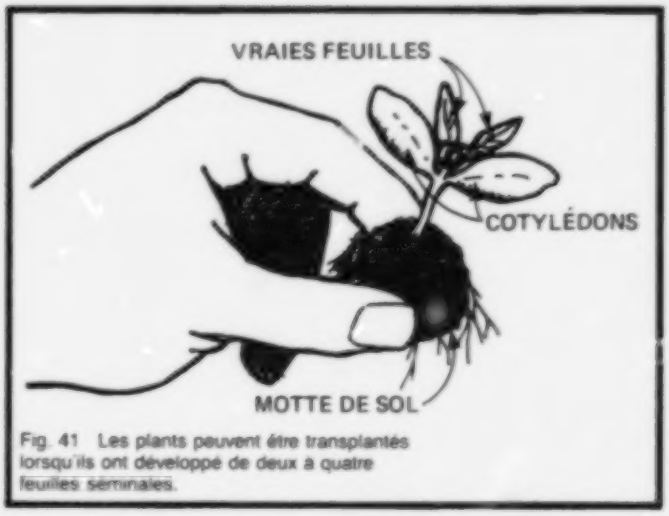


Fig. 41 Les plants peuvent être transplantés lorsqu'ils ont développé de deux à quatre feuilles séminales.

Fig. 42 Pour obtenir une bouture de tige pour la multiplication, couper à quelques centimètres au-dessous de la jointure de la feuille.

Les graines d'orchidées sont très petites; les plantes sont aussi difficiles à multiplier et elles mettent assez longtemps à fleurir. Extraire les graines de la cosse et les faire tremper dans une solution d'hypochlorite de calcium pendant 5 à 10 minutes, jusqu'à ce qu'elles tombent au fond. Rincer les graines traitées à l'eau pure et les transvaser dans un milieu nutritif, dans une fiole ou un tube à essai. Les graines prennent plusieurs semaines pour germer; il faut attendre 6 mois avant de pouvoir transplanter les plantes dans de plus grosses fioles et 1 an avant de pouvoir les transplanter dans des pots. Il est préférable d'acheter le milieu de culture chez un fournisseur de produits scientifiques.

Les fougères se reproduisent facilement à partir de spores, qui ressemblent beaucoup aux graines des autres plantes. Semer les spores sur un mélange pasteurisé contenant deux tiers de tourbe et un tiers de vermiculite, couvrir le récipient avec une plaque de verre et le garder de façon que les racines soient à une température de 21 °C et l'air entre 18 et 24 °C. Les spores germent et produisent des prothalles, qui doivent être transplantés et espacés. Lorsque les prothalles produisent des sporophytes, ils doivent être transplantés à nouveau; on obtiendra de jeunes plantes adultes dans de 3 à 6 mois.

Multiplication végétative

Il existe plusieurs façons de faire pousser de nouvelles plantes de serre à partir de plantes existantes. Certaines plantes se comportent mieux que d'autres. Les techniques les plus faciles sont la multiplication à partir de boutures de tiges ou de feuilles, la multiplication par division de plantes mères et le greffage. À moins d'avoir des raisons bien précises, on utilisera seulement des plantes saines pour la multiplication.

La méthode de multiplication la plus courante consiste à utiliser des boutures de tige. Avec un couteau pointu, couper des pousses saines sans fleur ni bouton à quelques centimètres en-dessous de l'attache d'une feuille (fig. 42). Pour obtenir de meilleurs résultats, enfoncer l'extrémité inférieure de la bouture dans une poudre d'enracinement contenant une hormone. Enfoncer délicatement la bouture dans le mélange d'enracinement jusqu'à la feuille inférieure. Étant donné qu'on a perturbé le processus normal de croissance, il faut placer les boutures dans les meilleures conditions de croissance possible.

Lorsqu'on coupe une feuille, un bouton, une tige ou une racine, il faut éviter de perdre une quantité d'eau excessive. La meilleure façon de réduire la perte d'eau au minimum consiste à bien arroser la bouture et à la placer dans un brouillard intermittent de façon à assurer une humidité appropriée. Des arrosages supplémentaires peuvent être nécessaires, mais il faut faire attention de ne pas trop arroser.

Maintenir la température du substrat d'enracinement entre 18 et 29 °C, suivant les espèces. Un câble électrique correctement installé peut être utile.

L'énergie nécessaire pour la croissance de nouvelles racines est fournie par photosynthèse. Par conséquent, il faut laisser une surface de feuille appropriée sur la bouture pour assurer la survie de la plante.

La plupart des mélanges d'enracinement contiennent peu ou pas du tout de substances nutritives. Il faut donc fertiliser ce mélange dès que les premières racines apparaissent. On peut utiliser de l'Osmocote®, à raison de 15 mL pour une surface de 30 cm × 30 cm.

L'emploi d'engrais foliaire, par exemple le RaPidGro® (23-19-7), peut aussi aider. On devrait également mettre de l'engrais sur les pieds-mères avant de prendre les boutures. La bouture est de meilleure qualité si le pied-mère est sain.

Les *Ficus*, les lilas et les roses peuvent être multipliés à partir de boutures ligneuses prélevées à la fin de l'automne. Les genévriers, les ifs et les thuyas s'enracinent aussi très bien. La multiplication des épinettes, des pins et des sapins est plus facile à partir de graines ou par greffage (en particulier pour l'épinette bleue).

Les bégonias, les violettes africaines et les pépéromias peuvent être multipliés à partir de boutures de feuilles. Entailler la grosse veine sur l'envers de la feuille et la saupoudrer avec une hormone d'enracinement. Épingler la feuille sur le substrat d'enracinement (en plaçant la veine entaillée en contact avec le substrat) et vaporiser de l'eau fréquemment. On peut aussi utiliser une boîte de multiplication fermée.

La multiplication des bégonias Rex et des *Euphorbes* peut se faire à partir de boutures de pétiole, en utilisant des hormones et en vaporisant de l'eau.

On peut utiliser des boutures d'oeil, comprenant le limbe, le pétiole et le bouton axillaire, pour la multiplication des rhododendrons, des crassules argentées et des citronniers. Utiliser une hormone d'enracinement et maintenir le fond du mélange d'enracinement entre 23 et 27 °C.

Il est préférable de prélever les boutures de racine sur de jeunes plantes à l'état dormant ou pendant la saison de dormance. Si la plante fleurit normalement en automne, prélever les boutures au printemps; si au contraire la plante fleurit au printemps, prélever les boutures en été, après la floraison. Les racines ont une polarité et doivent être plantées dans le bon sens.

Le couchage des rameaux consiste à enterrer des tiges de 1 an mesurant de 15 à 30 cm de long. Traiter la tige coupée avec de la poudre d'enracinement avant son couchage.

Pour le marcottage aérien, choisir de préférence une partie qui a poussé l'année précédente sur une branche active. Couper l'écorce de la tige sur 15 à 30 cm depuis l'extrémité et traiter la partie entaillée avec une hormone d'enracinement. Placer de la sphaigne humide autour de la partie entaillée, envelopper le tout dans une feuille de polyéthylène et attacher les deux extrémités autour de la branche (fig. 43). Le greffage est l'union de parties de deux plantes pour en faire une seule plante. Les greffes sont surtout utilisées pour les plantes ligneuses. Cependant, les greffes de cactus sont aussi courantes. Les plantes qui se multiplient difficilement à partir de graines, comme l'épinette bleue, doivent être greffées.

La partie à greffer est appelée greffon; la plante qui reçoit le greffon est appelée porte-greffe. Pour réussir une greffe, le cambium (qui constitue le véritable tissu de croissance dans les plantes ligneuses) du greffon doit être en contact étroit avec celui du porte-greffe, de façon que les deux puissent croître ensemble. Il est donc essentiel de bien faire correspondre les cambiums.

Faire à la branche une incision annulaire d'environ 2,5 cm.

Placer un "pansement" de tourbe de sphaigne légèrement humide autour de la section annelée.

Envelopper la tourbe avec une pellicule de polyéthylène et l'attacher à chaque bout.

Fig. 43 Le marcottage aérien n'est pas aussi difficile qu'il paraît.

On utilise les greffes en placage pour les sapins, les genévriers et les pins; les greffes anglaises doubles conviennent pour les arbres à feuilles caduques comme le sorbier, les lilas et le peuplier; on utilise les greffes en écusson pour les pêchers, les pommiers et les rosiers; les greffes en fente sont utilisées avec les pommiers et on se sert des greffes en pont pour réparer les troncs d'arbres abîmés. La greffe en écusson est la méthode la plus importante pour les propriétaires de serre domestique. Utiliser un couteau bien affûté et le stériliser après chaque coupe. Prélever le greffon sur une plante vigoureuse et, de la même façon, s'assurer que le porte-greffe est sain. La greffe semble une méthode brutale, mais elle est en fait assez simple et le jardinier amateur peut facilement l'utiliser pour obtenir des présentations de plantes inhabituelles, par exemple avec les cactus.

Culture de tissus

La culture aseptique de cellules et d'organes de plantes est une méthode utilisée en recherche et à l'échelle commerciale. La culture de tissus commerciale permet d'augmenter la production de plantes de haute qualité, commercialisables et utilisables immédiatement. Dans des conditions appropriées, on peut reproduire de nouvelles plantes à partir de petits morceaux de tissus de plantes, même à partir d'une seule cellule. Les clones résultants, provenant de la même plante, ont exactement les mêmes caractéristiques que la plante mère. Presque toutes les orchidées commercialisables peuvent être reproduites dans des serres commerciales par culture de tissus. De nombreux laboratoires peuvent maintenant reproduire quelque 300 plantes différentes par ces méthodes.

La multiplication par culture de tissus nécessite un équipement spécialisé ainsi qu'une bonne connaissance des processus physiologiques des plantes. L'étude de ces processus peut constituer un passe-temps intéressant pour le propriétaire d'une serre d'agrément.

Légumes

On peut faire pousser de nombreux légumes dans une petite serre d'agrément et trouver beaucoup de satisfaction dans ce passe-temps. De plus, on peut récolter les légumes quand ils sont biens mûrs et biens frais. Enfin, on peut faire pousser les variétés qu'on ne trouve pas facilement sur le marché. Nous décrirons seulement quelques-uns de ces légumes, sans chercher à conseiller des variétés particulières. Pour connaître les différentes variétés, il suffit de se procurer les catalogues de grainetiers réputés. L'interplantation de légumes tels les laitues et les radis avec des tomates et des concombres peut constituer un bon moyen d'exploiter la serre au maximum.

Tomates, concombres et laitue

Il y a trois façons de transplanter les tomates ou les concombres. La première consiste à semer à la volée dans des caissettes contenant un substrat sans sol. Lorsque les plants atteignent le stade du cotylédon, ils peuvent être transplantés à de plus grands intervalles dans d'autres contenants. La deuxième façon consiste à semer directement dans les caissettes ou les contenants de croissance. Si on utilise des pots en tourbe, on placera directement le pot dans la couche. La troisième façon consiste à semer directement dans des godets de tourbe ou de matériau similaire. Pour transplanter, on place le godet de tourbe dans la couche de croissance. Pour obtenir de meilleurs résultats, semer au moins deux graines par godet et, plus tard, éliminer les plants les plus faibles.

Éclairer suffisamment (au moins 10 800 lx à la hauteur de la plante) pour assurer la bonne croissance du plant.

On obtient de meilleurs plants lorsque la température pendant la nuit est inférieure de 5 °C à la température du jour. Les meilleures températures pour les cultures de saison chaude telles les tomates et les concombres sont 15 °C pendant la nuit et 24 °C pendant le jour. Par temps nuageux, la température de la serre devrait être abaissée d'environ 5 °C pendant le jour. Des températures inférieures à celles recommandées freinent la croissance et des températures supérieures produisent des plantes molles, tout en tiges.

Pour obtenir une croissance optimale des plants de tomates, on les soumettra à de basses températures, entre 11 et 13 °C, pendant 10 jours à 3 semaines immédiatement après l'apparition des feuilles séminales jusqu'au stade «2 feuilles».

Fig. 44 Pour transplanter des plantes de tomate, enterrer une partie de la tige.

On peut planter des tomates sur une tablette de serre dans des rangées espacées de 44 à 48 cm, avec un intervalle de 30 à 32 cm entre les plants. Pour les concombres européens, les rangées doivent être espacées d'au moins 150 cm et les plants doivent être plantés à 40 cm les uns des autres dans les rangées.

Lorsqu'on transplante les plants de tomates, il faut enfouir une partie de la tige dans le sol (fig. 44); les cotylédons (feuilles séminales) doivent aussi être enterrés. Les plantes chétives peuvent être plantées en biais dans la terre.

Enlever les gourmands des plants de tomates lorsqu'ils ont environ 2 à 3 cm de long. Lorsque la plante arrive à maturation et que les fruits sont récoltés des bouquets inférieurs, enlever aussi les feuilles inférieures qui ont jauni et séché. Avec les concombres, éclaircir les fruits multiples qui se forment pour n'en laisser qu'un par aisselle.

On peut améliorer considérablement le rendement en enrichissant l'air de la serre avec du CO_2 : 20 à 30 % pour les tomates et les laitues, 40 % pour les concombres. Les plants de légumes et les plants de plate-bande sont beaucoup plus robustes lorsqu'ils poussent en atmosphère enrichie. Généralement, l'idéal est de maintenir une concentration trois à cinq fois plus élevée que la concentration normale de 300 ppm de CO_2. Dans une petite serre, d'une surface de 2,5 × 3,6 m par exemple, la combustion de 70 à 80 mL d'alcool éthylique ou méthylique dans une lampe à kérosène produit 2 000 ppm de CO_2 en 24 heures.

Les tomates et les concombres doivent pousser le long d'un treillis fixé à un support au-dessus de la tablette. Attacher la plante au treillis tous les 30 cm environ pour soutenir le fruit pendant qu'il mûrit. Les tomates cultivées en serre doivent être pollinisées à la main. Secouer les grappes de fleurs au moins tous les deux jours pour assurer la pollinisation. Lorsque les jeunes plantes produisent leur premier bouquet, elles doivent être pollinisées tous les jours.

Les concombres sans pépins de type européen n'ont pas besoin d'être pollinisés et, lorsqu'ils le sont, ils produisent des pépins et deviennent amers. Les autres variétés de concombres, par contre, doivent être pollinisées à la main (fig. 45). En général, les variétés cultivées en serre sont mieux adaptées pour produire dans des conditions environnementales contrôlées.

Des calendriers de plantation préétablis indiquent les moments prévus pour les semis, le repiquage et la récolte. Quelques calendriers pour les tomates et les concombres interplantés avec la laitue sont donnés ci-dessous. On peut remplacer la laitue par plusieurs autres cultures à cycle végétatif court tels le radis, la betterave et un grand nombre d'herbes aromatiques courantes.

On peut combiner des tomates à récolter à la fin du printemps avec une laitue d'automne en semant les tomates à la fin de décembre, en les repiquant au milieu de février, et en récoltant entre mai et juillet. Dans ce cas, la laitue d'automne est semée à la mi-août, repiquée dans la couche de la serre le 10 septembre et récoltée la deuxième semaine d'octobre. Une deuxième récolte de laitue est semée à la fin septembre, replantée dans la couche dans la seconde moitié d'octobre et récoltée à la mi-décembre.

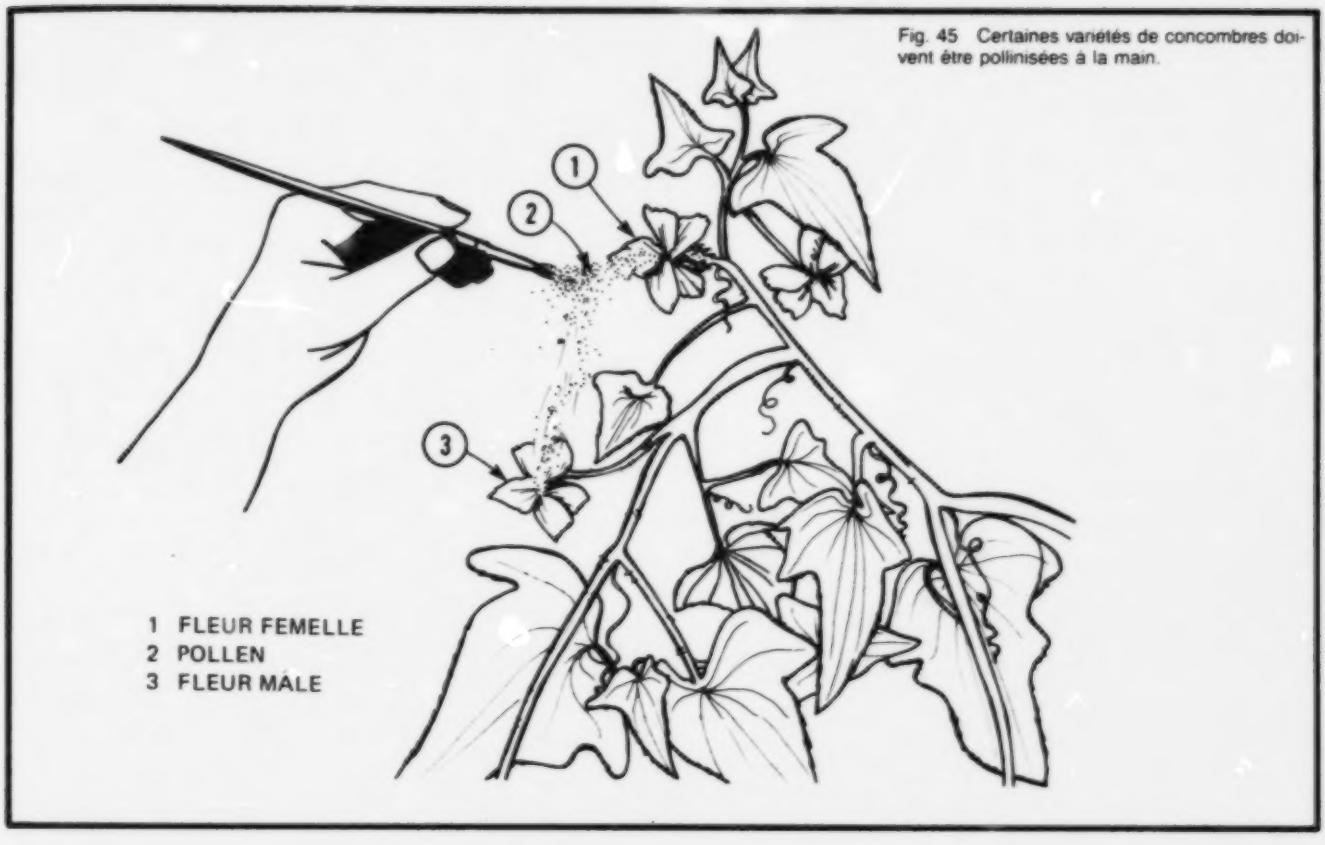


Fig. 45 Certaines variétés de concombres doivent être pollinisées à la main.

On peut aussi semer la laitue et les tomates à la fin de décembre et repiquer dans la première moitié en février. La laitue est alors récoltée à partir de la mi-mars et les tomates à partir de la mi-avril. La laitue peut être semée de nouveau à la mi-mai. Les tomates qui seront récoltées en automne peuvent être resemées au début de juin. La deuxième récolte de laitue est prête à la fin de juin. À la mi-juillet, les plants de tomates qui seront récoltés en automne et la laitue doivent être repiqués. La dernière récolte de laitue aura lieu alors dans la deuxième partie du mois d'août, et la dernière récolte de tomates commencera à la mi-septembre.

Les concombres et la laitue peuvent être interplantés de façon à donner trois récoltes par an. Les concombres et la laitue sont d'abord semés au début de janvier et repiqués à la mi-février; les premières laitues sont récoltées au début de mars et les concombres à la fin de mars et en avril. La deuxième récolte est semée au début mai et repiquée dans la couche avant le 10 juin; la laitue peut être récoltée à partir du 1er juillet et les concombres à partir du milieu de ce mois. Pour la troisième récolte, les graines sont semées au début d'août, repiquées pendant la première partie de septembre et récoltées à partir de la mi-octobre.

On peut aussi semer les concombres et la laitue à la fin de décembre et les repiquer à la mi-février. La laitue sera récoltée en mars et la récolte de concombres commencera au même moment. Pour la récolte d'automne, les graines peuvent être semées pendant la seconde moitié de juin et repiquées à la fin de juillet. La laitue est alors récoltée à la mi-septembre et les tomates en octobre.

Si possible, soumettre les plants de tomates au froid, en les conservant entre 11 et 12 °C pendant 10 jours à 3 semaines, le temps que les plantes passent des feuilles séminales au stade «2 feuilles». Les plantes traitées fourniront de meilleures récoltes précoces et des rendements maximaux.

Carottes

Les carottes arrivent à maturité relativement vite (de 60 à 85 jours) et on peut généralement faire plusieurs plantations successives. La profondeur du sol dans une tablette de serre étant limitée, on cultivera seulement les variétés de carottes qui ont des racines courtes. Semer les carottes en rangées, à moins de 1 cm de profondeur. Le sol doit rester assez humide jusqu'à ce que les plants émergent. Éclaircir de façon que les plants soient à 2,5 cm les uns des autres et, plus tard, à intervalles de 5 à 7,5 cm. Faire les plantations à intervalles de 3 semaines environ.

Chou fourrager et chou vert

Ces légumes appartiennent à la famille du chou. Ils peuvent être cuits ou mangés en salade. Le chou fourrager atteint environ 60 cm de hauteur et arrive à maturation en 2 mois; le chou vert atteint 90 cm et arrive à maturation en 2 mois et demi.

Les deux requièrent un sol fertile avec un pH proche de la neutralité. Les plants poussent assez haut et ont des feuilles lourdes; ils doivent donc être placés de 50 à 60 cm environ les uns des autres. On peut récolter la plante entière ou couper les feuilles progressivement à partir du bas.

Radis

Semer les radis tous les 10 jours pour assurer une production continue. Ils ne poussent pas bien lorsque la température dépasse 27 °C. Semer les graines directement dans la terre sur une tablette, en les espaçant de 1 à 2 cm dans un rayon de 1,5 cm de profondeur. Les plants trop près les uns des autres se développent mal; par conséquent, les éclaircir pour qu'ils soient espacés de 2,5 à 5 cm. Les radis requièrent un sol humide. Suivant les variétés, les radis prennent de 20 à 30 jours pour arriver à maturité.

Betteraves

Les deux parties de la betterave, aérienne et souterraine, sont comestibles. Les betteraves sont faciles à cultiver, mais elles poussent mieux dans un sol non acide (pH de 6,0 à 7,5). Semer les betteraves dans des rangées espacées de 30 cm et éclaircir les plants pour qu'ils soient espacés de 5 à 7,5 cm. Les racines de betteraves arrivent à maturité en 55 à 70 jours, mais les jeunes feuilles tendres, utilisables en salades, peuvent être récoltées beaucoup plus tôt. La racine est meilleure lorsqu'elle mesure environ 5 cm de diamètre. Les racines plus grosses deviennent fibreuses.

Herbes aromatiques

On peut aussi utiliser la serre d'agrément pour faire pousser un pot ou deux d'herbes aromatiques, indispensables dans la cuisine et relativement faciles à cultiver en hiver. En général, les herbes aromatiques nécessitent une terre d'empotage légère, bien drainée, arrosée suivant les besoins. Seules quelques-unes des nombreuses herbes aromatiques utilisables sont mentionnées ici.

- Le basilic (*Ocimum basilicum*) est une plante annuelle tendre généralement semée en serre au début du printemps et repiquée dans le jardin. Elle peut aussi être semée à l'extérieur et repiquée dans des pots placés dans une serre.
- La ciboulette (*Allium schoenoprasum*) a des feuilles qui ont une légère saveur d'oignon. C'est une plante vivace qui pousse à partir de graines et qui est multipliée par division des cépées.
- Le fenouil (*Anethum graveolens*) se multiplie à partir de graines. Le fenouil aura meilleure saveur si on cueille les feuilles juste au moment de la floraison.
- La menthe (esp. *Mentha* spp.) est une plante vivace qui se multiplie par division des racines.
- Le persil (*Petroselinum crispum*) est une bisannuelle qu'on peut aussi cultiver comme annuelle à partir de graines semées au milieu du printemps pour une récolte en été, et au milieu de l'été pour une récolte à l'automne et en hiver.

Plantes de serre ornementales populaires

On peut régler les conditions régnant dans la serre, principalement en utilisant un éclairage supplémentaire, pour cultiver un grand nombre d'espèces de plantes. Nous décrirons seulement les plantes qui sont devenues populaires et qui sont relativement faciles à cultiver.

Bégonias

Les bégonias tubéreux (*Begonia* × *tuberhybrida*) se cultivent à partir de racines tubéreuses comme les dahlias. On fait croître les jeunes tubercules dans la mousse de tourbe humide à une température d'au moins 16 °C. La partie plate du tubercule doit être placée sur le dessus, de niveau avec la surface. Lorsque les pousses apparaissent, placer chaque tubercule dans un pot de 10 cm, dans un mélange d'empotage contenant une bonne proportion de tourbe. Replanter suivant les besoins et ajouter un engrais liquide une fois par mois. Pour obtenir des couleurs intenses, maintenir la serre fraiche pendant l'été. Les fleurs seront plus belles si on conserve seulement une pousse pour chaque tubercule. Lorsque le feuillage commence à jaunir, réduire graduellement les arrosages jusqu'à ce que les pots soient secs. Conserver les tubercules secs dans du sable sec ou de la perlite entre 4 et 7 °C. On peut aussi utiliser ces bégonias comme plantes de plate-bande pour l'été. Les cultivars de Lorraine, qui fleurissent en hiver, sont cultivés à partir de boutures prélevées au printemps pour une floraison au mois de novembre suivant, à une température d'environ 10 °C.

Les bégonias à petites fleurs, à feuilles luisantes (hybrides *B.* × *semperflorens-cultivorum*), utilisés comme plantes de plate-bande, sont cultivés à partir de graines. Pour obtenir une période de floraison maximale, on sèmera les graines au début de janvier à une température se situant entre 18 et 24 °C.

Le bégonia royal (*Begonia* × *rex-cultorum*) (fig. 46) est une plante rhizomateuse connue pour son feuillage riche en couleurs et en motifs. Ses fleurs roses ou blanches au printemps sont aussi attrayantes. Les bégonias poussent mieux sous un éclairage de 32 000 à 43 000 lx et à des températures de 18 à 21 °C la nuit et de 27 à 30 °C le jour. Les bégonias fibreux (*B. semperflorens-cultorum*) demandent des températures moyennes pendant leur croissance. On ajoutera de l'humus au terreau ordinaire. On utilisera de petites quantités d'engrais pour les bégonias rhizomateux et des quantités moyennes pour les bégonias fibreux.

Les bégonias sont sujets à la pourriture de la tige (*Pythium*), au blanc, à la moisissure grise (*Botrytis*) et aux nématodes. Des taches d'origine cryptogamique ou bactérienne peuvent apparaître sur les feuilles en cas de mauvaises conditions sanitaires, de mauvaise ventilation et de trop grande humidité. La multiplication se fait à partir de graines ou de boutures de feuilles ou de morceaux de feuilles.

Calcéolaires (*Calceolaria herbeohybrida*)

Ces plantes donnent des fleurs en forme de poche dans une large gamme de couleurs et de tailles (fig. 47). Les hybrides F_1 sont particulièrement séduisants. Pour les cultiver comme plantes de plate-bande, semer les graines en mars entre 10 et 13 °C. Pour une floraison à Noël et en hiver, semer les graines en mai ou en juin. Les plants doivent être transférés dans des caissettes. Lorsque les plantes sont assez grosses, elles peuvent être repiquées dans des pots de 10 à 15 cm. Les plantes peuvent pousser pendant l'hiver à environ 7 °C. Conserver les plantes à l'ombre pour éviter le flétrisse-

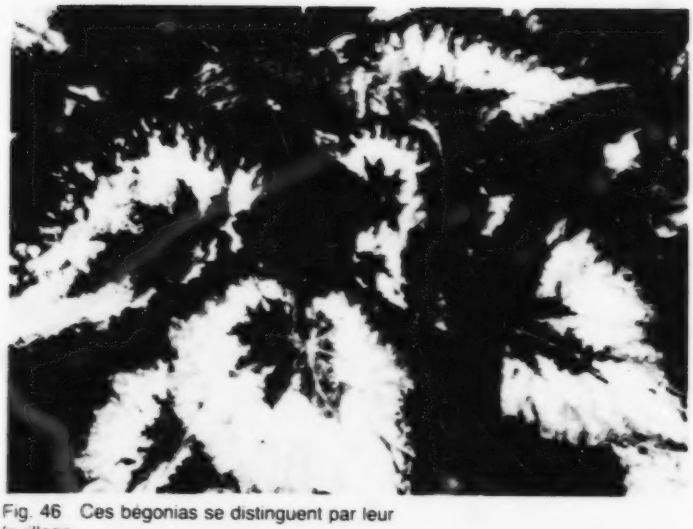


Fig. 46 Ces bégonias se distinguent par leur feuillage.

Fig. 48 Les cinéraires apportent de la couleur pendant les mois d'hiver.

ment causé par des variations soudaines de la température et à une forte lumière solaire.

Cinéraires (*Senecio hybridus*)

Ces fleurs qui ressemblent aux marguerites peuvent être cultivées en serre froide de décembre à juin (fig. 48). Les cinéraires destinées aux plates-bandes doivent être semées en mars entre 10 et 13 °C. Pour une floraison à Noël et en hiver, semer les graines en avril ou mai. La plupart des espèces requièrent des pots de 12,5 à 15 cm.

Cyclamens

Le *Cyclamen persicum* ou le *C. indicum* (fig. 49) peuvent être cultivés à partir de graines d'août à novembre. Les graines sont grosses et doivent être semées individuellement, couvertes d'une couche de tourbe humide de 1 cm d'épaisseur et conservées à 18 °C. Les plants doivent être repiqués dans des pots de 5 cm, avec un bon mélange d'empotage, et ils doivent être conservés entre 16 et 18 °C environ. Lorsque les plants deviennent vigoureux, ils peuvent être retransplantés dans des

Fig. 47 Les hybrides F_1 de calcéolaires sont des plantes attrayantes.

pots de 12,5 cm et la température peut être baissée à environ 13 °C. Les plantes cultivées à l'extérieur doivent être rentrées dans la serre en septembre lorsque la température descend au-dessous de 10 °C. Enlever les premiers boutons pour conserver la vigueur de la plante dont la principale période de floraison commence en décembre.

Géranium royal (*Pelargonium domesticum*)

Le géranium royal est une plante de serre importante (fig. 50). On peut acheter les plantes ou les multiplier à partir de boutures, depuis le début du printemps jusqu'en juillet et août. Pincer les extrémités pour obtenir une plante touffue. Les géraniums ont besoin d'un sol humide pendant toute leur période de croissance. Le géranium royal requiert un peu d'ombre lorsqu'il pousse sous du verre, mais, en général, il a besoin de beaucoup de lumière.

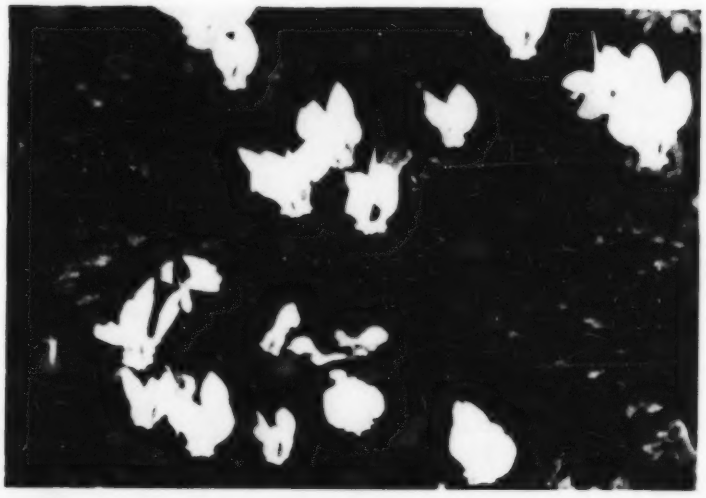


Fig. 49 Enlever les premiers boutons sur les cyclamens pour que ces plantes conservent leur vigueur au cours de leur principale période de floraison qui commence en décembre.

Fig. 50 Le geranium royal est une plante de serre importante.

Oeillets (*Dianthus caryophyllus*)

Les oeillets (fig. 51) requièrent des températures basses. Il peut donc devenir nécessaire de leur procurer de l'ombre en été. On fait croître les jeunes oeillets à partir de boutures d'extrémité de tiges munies de racines qu'il faut planter au début du printemps. Pour obtenir de bonnes boutures uniformes, vous devrez consacrer un coin à cet effet. Si vous n'avez pas d'espace, achetez les boutures chez un marchand réputé. Les boutures munies de racines peuvent être transplantées dans des pots le 1er avril puis sur la couche le 1er juin. Un bon mélange contient ¾ de sol et ¼ de tourbe ou de fumier bien fermenté. Après 3 à 4 semaines sur la couche, pincer les plantes pour favoriser la ramification. À la fin de l'été, lorsqu'on arrête de pincer la plante, elle peut avoir jusqu'à 25 cm. Placer les oeillets de 18 à 20 cm les uns des autres sur la couche. Pour les oeillets bisannuels, replanter la moitié des oeillets chaque année.

L'oeillet fleurit à n'importe quel moment de l'année, mais la floraison est beaucoup plus rapide par temps clair et chaud. Lorsqu'on arrête de pincer les jeunes plantes en juillet, la floraison commence à l'automne, puis il y a une deuxième floraison à la fin du printemps.

Maintenir les températures de la serre à oeillets à 10 °C la nuit, à 12 ou 13 °C lorsque le temps est nuageux et 15 ou 16 °C les jours ensoleillés. Les températures trop élevées produisent des tiges faibles et de petites fleurs, des températures trop basses retardent la croissance. Avec les cultivars ordinaires, les boutons latéraux sont éliminés et seul le bouton terminal fleurit. Pour les oeillets miniatures ou les oeillets à massif, tous les boutons sont conservés.

Couper la fleur le plus près possible du sol, pour avoir la plus longue tige possible sans nuire à la plante et à la récolte subséquente.

Les araignées rouges et les pucerons sont les ravageurs les plus courants pour les oeillets. Les thrips peuvent aussi causer un problème, surtout au début de l'été.

Plusieurs maladies attaquent couramment les oeillets. La flétrissure fusarienne, la flétrissure bactérienne et le rhizoctone commun peuvent toutes produire des symptômes similaires. La rouille apparaît seulement sur les feuilles d'oeillets humides. On peut l'éviter en gardant les feuilles sèches. Des marbrures graisseuses et des brûlures alternariennes peuvent aussi affecter les oeillets.

Dans un oeillet fendu, une partie des pétales passe dans une fente dans le calice, ce qui nuit à la beauté de la fleur. Plusieurs hypothèses ont été avancées, mais, en dehors des différences entre les variétés, de grands écarts de température constituent peut-être le facteur le plus important. La différence de température entre le jour et la nuit ne doit jamais dépasser 10 °C.

Fig. 51 Les oeillets fleurissent à profusion par temps chaud et clair.

Fig. 52 Les chrysanthèmes peuvent fleurir à longueur d'année.

Chrysanthèmes (*Chrysanthemum morifolium*)

Le chrysanthème est l'une des plantes les plus populaires pour les pots ou les bouquets. Les chrysanthèmes sont maintenant cultivés de façon à pouvoir être cueillis toute l'année (fig. 52). Les chrysanthèmes poussent à partir de boutures d'extrémités de tiges enracinées. Suivant la variété, les boutures peuvent s'enraciner en 2 à 3 semaines à 15 °C dans un substrat d'enracinement à 21 °C. On obtiendra de meilleures boutures en s'adressant à un multiplicateur spécialisé.

On peut faire pousser les chrysanthèmes sur une couche, en les espaçant de 10 à 15 cm pour des plantes à une seule tige ou de 15 à 20 cm pour des plantes pincées. Pour bien pousser, avec de longues tiges, les chrysanthèmes ont besoin de longues journées pendant les premières semaines. Pendant l'été, de mai à août, les jours sont naturellement longs, mais pendant le reste de l'année, il faut prévoir un éclairage supplémentaire. Lorsque les chrysanthèmes mesurent environ 30 cm de haut et que les journées sont courtes, ils produisent des tiges d'environ 45 cm de long. Les chrysanthèmes répondent à la photopériode et la floraison dépend de la longueur du jour et de la température. En l'absence de journées courtes, les boutons de fleur ne se développent pas ou, s'ils se développent, ils seront déformés. Avec certaines variétés, une température trop basse peut empêcher la formation des boutons ou favoriser la formation de boutons au collet.

Cette réponse constante à la longueur du jour permet de prévoir la date de floraison à partir du moment où les plantes sont soumises à des journées courtes. Pour favoriser la formation de boutons de fleurs, recouvrir les plantes d'un tissu noir pendant les longues journées d'été.

Les chrysanthèmes en pots sont cultivés sous forme de plante à une seule tige ou sous forme de plante pincée. Pour une plante à une seule tige, placer cinq à sept boutures à la circonférence d'un pot de 15 cm. Conserver seulement le bouton principal de chaque tige et enlever tous les autres. Pour une plante pincée, laisser chaque bouture produire plusieurs fleurs. Couper alors les extrémités 3 semaines après la plantation, pour permettre la ramification. Les chrysanthèmes à massif conservent tous leurs boutons et toutes les pousses latérales peuvent fleurir.

Les chrysanthèmes doivent être cultivés à 15 °C la nuit et entre 15 et 21 °C le jour, suivant que le temps est nuageux ou ensoleillé. Pendant les dernières semaines avant la floraison, on peut diminuer ces températures pour essayer d'augmenter la taille des fleurs. Un grand nombre de variétés ne fleurissent pas bien lorsque la température est inférieure à 12 ou 13 °C ou lorsqu'elles sont conservées à température élevée.

Les multiplicateurs classent les variétés en fonction de leurs réponses et publient des calendriers indiquant quand il faut planter, pincer, éclairer et mettre à l'ombre, ainsi que la date de floraison. Ces données permettent de planifier une floraison hebdomadaire. Les chrysanthèmes aiment un sol meuble et poreux. On peut obtenir un bon substrat en mélangeant un quart de tourbe ou de moisissure de feuilles à trois quarts de limon. De nombreux ravageurs attaquent les chrysanthèmes : les pucerons, les tarsonèmes, les cicadelles, les mineuses, les punaises, les thrips, les araignées et les aleurodes. Les maladies courantes des chrysanthèmes sont la moisissure causée par l'*Ascochyta*, la

pourriture causée par le *Botrytis*, les taches foliaires, le blanc, la pourriture des racines et la rouille.

On peut commander la hauteur des chrysanthèmes coupés en utilisant du B-9® à 2 500 ppm. Vaporiser le tiers supérieur du feuillage 2 jours avant d'enlever les boutons ou 4 semaines après que le chrysanthème a été placé à l'ombre. Pour les plantes en pots, on peut utiliser le B-9® en vaporisation à une concentration de 2 500 à 7 000 ppm lorsque les pousses mesurent de 2 à 4 cm; ce traitement peut être répété 3 semaines plus tard. On peut utiliser le A-Rest® à la dose de 2 à 8 ppm pour mouiller le sol lorsque le réseau de racines est bien développé.

Hydrangelles (*Hydrangea macrophylla*)

Ces plantes sont cultivées principalement pour la fête des mères et pour Pâques. On peut les faire croître à partir de boutures coupées sur des plantes adultes (fig. 53) de février à mai. Les boutures de rameaux herbacés prennent racines dans le sable, sous un brouillard. Quatre semaines après, les boutures enracinées peuvent être plantées dans des pots de 12 à 15 cm, dans un mélange contenant deux tiers de tourbe et un tiers de limon. Quatre semaines après la plantation, les pots peuvent être placés dehors, à l'ombre. Les nouvelles plantes doivent être arrosées et le sol fertilisé jusqu'à la fin de septembre. À ce moment-là, les boutons sont formés. Conserver les plantes à 10 °C pendant au moins 6 semaines avant de les forcer. Pour qu'elles fleurissent à Pâques, enlever les plantes de l'endroit où elles étaient conservées à la fin de décembre et les maintenir à 15 °C. Ajouter de l'engrais et arroser abondamment à ce moment-là.

On peut obtenir les hydrangelles aux couleurs désirées : les variétés roses gardent leur couleur seulement si le pH du sol est proche de la neutralité (de 6,5 à 7,0). Lorsque le pH est égal ou inférieur à 6,0, les fleurs sont bleues. Pour obtenir des fleurs bleues, arroser la plante avec une solution de sulfate d'aluminium (500 g par 20 L d'eau).

Les principaux insectes qui attaquent les hydrangelles sont les pucerons et les araignées. Les principales maladies sont la moisissure causée par le *Botrytis*, le blanc et la pourriture des racines.

Fig. 53 Les hydrangelles sont cultivées principalement pour la fête des mères et pour Pâques.

On peut vaporiser le retardant de croissance B-9®, à 2 500-5 000 ppm, pour limiter la hauteur des plantes. Appliquer le traitement 3 semaines après la transplantation; il permet une floraison plus rapide, mais il peut causer une très légère brûlure de la feuille.

Roses

L'espèce *Rosa* (fig. 54) peut être planté au printemps. La floraison commence alors en été et se poursuit jusqu'à ce que les plantes soient recépées l'été suivant. Les plantes sont généralement conservées sur la couche pendant 4 ans, avec une production de fleurs continue, sauf pendant les périodes de recépage.

On peut multiplier les roses par écussonnage, par greffage ou à partir de bou-

Fig. 54 On laisse fleurir les roses Floribunda pour en faire des massifs.

tures enracinées. L'écussonnage est un travail de spécialiste et se pratique principalement là où le climat est favorable, comme en Californie et au Texas. On utilise généralement la *Rosa manetti* comme porte-greffe. Bien qu'il soit plus facile d'obtenir les plantes écussonnées à la fin de décembre, on peut les conserver à 1 ou 2 °C jusqu'au printemps.

On peut multiplier les roses de façon satisfaisante par enracinement de boutures de tiges. Pour les boutures munies de racines et plantées directement, placer les boutures dans le milieu d'enracinement environ 5 semaines avant la date de plantation choisie. Les boutures doivent consister en une section de tige avec deux feuilles et doivent prendre racines sous un brouillard artificiel à une température de l'air de 15 °C, le milieu d'enracinement étant maintenu à 21 °C. On peut utiliser de la perlite, du sable grossier ou un mélange de perlite et de sable comme milieu d'enracinement.

Étant donné que les roses doivent rester dans le même sol pendant environ 4 ans, le sol doit être bien préparé. Les roses se cultivent dans une grande variété de sols, mais il est préférable de prendre un limon argileux riche contenant beaucoup de matière organique et de couvrir la surface avec de la mousse de tourbe ou du fumier. Ajouter de l'engrais lors du premier arrosage complet après la plantation; les roses ont besoin d'un apport continu en azote au début de la croissance pour produire de grosses tiges solides. Ajouter des engrais contenant du superphosphate et du calcium au sol avant de planter les roses; le nitrate de potassium et le nitrate d'ammonium sont fournis avec l'engrais liquide ordinaire. Ajouter du fer si des symptômes de déficience apparaissent.

Il doit se former plusieurs pousses solides à la base de la plante. Laisser les pousses solides atteindre le stade du jeune bouton puis les pincer juste au-dessus de la feuille à cinq folioles. Pincer les pousses faibles au-dessus de la feuille à cinq folioles lorsque cette dernière commence à se déployer. Pincer ainsi la plante permet d'accroître la vigueur des pousses.

Maintenir la température dans la serre à 15 °C la nuit et entre 17 et 21 °C le jour, suivant l'ensoleillement. La croissance et la floraison sont plus rapides lorsque la température est plus élevée. Les rosiers doivent être recépés chaque année. Les recommandations pour le pincement et la formation de nouvelles pousses sur la plante recépée sont alors les mêmes que pour une nouvelle plante.

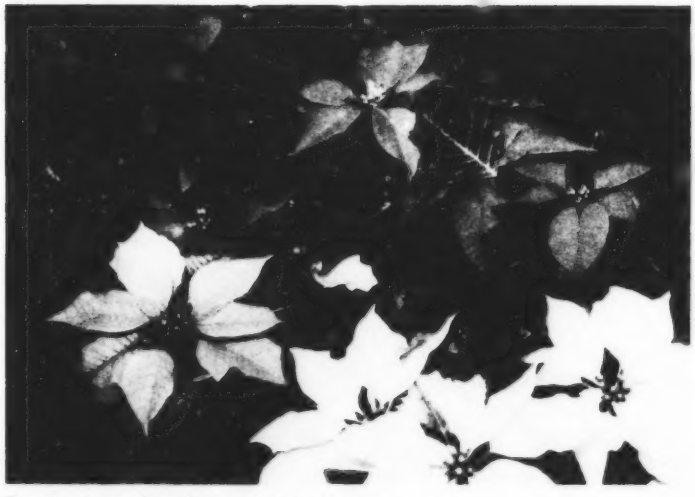


Fig. 55 Les poinsettias ont besoin de jours courts pour fleurir.

Deux types de roses sont cultivées; celles à grosse fleur sont les roses hybrides de thé. Les pousses latérales ne se forment pas facilement sur ces roses, mais si elles se forment, elles doivent être éliminées de façon à laisser seulement une fleur par tige. Les roses Floribunda ou Sweetheart forment des pousses latérales qu'on laisse fleurir pour faire des massifs.

Les parasites des roses les plus persistants sont les araignées qui apparaissent d'abord sur la face antérieure des feuilles inférieures. Les thrips sont d'autres parasites qui peuvent entraîner une déformation des boutons, un enroulement des pétales et des bigarrures sur les fleurs. On trouve quelquefois des pucerons sur les extrémités des tiges et sur les feuilles.

Le blanc est la maladie la plus courante dans la serre, mais on rencontre aussi les taches noires et la pourriture causées par le *Botrytis*.

Poinsettias (*Euphorbia pulcherimma*)

Ces plantes fort appréciées à Noël (fig. 55) sont des plantes à jour court qu'on multiplie à partir de boutures prélevées à la fin de l'été. Des boutures d'extrémité d'environ 10 cm de long peuvent prendre racines en 3 semaines environ à température de la couche de 15 à 21 °C. Les poinsettias s'enracinent bien dans du sable grossier ou de la perlite. Si les boutures ne peuvent être placées sous un brouillard artificiel, les conserver à l'ombre.

Les boutures munies de racines peuvent être plantées dans des pots de 5 ou 7.5 cm puis être replantées par groupes de trois ou de cinq dans une terrine (pot plat) ou dans un pot de 15 cm. Un bon milieu de croissance consiste en trois parties de sol et deux parties de mousse de tourbe, avec un peu de superphosphate. Les poinsettias sont sujets à des maladies attaquant les racines et la tige qui sont favorisées par des arrosages trop abondants. Il est souvent préférable d'acheter des boutures enracinées chez les pépiniéristes de réputation établie plutôt que d'essayer de multiplier les plantes à la maison.

Les poinsettias requièrent des jours courts pour fleurir. Il faut prendre grand soin de ne pas exposer accidentellement les plantes à la lumière pendant la période d'obscurité. Les terrines de poinsettias comptant trois ou quatre fleurs sont les plus populaires. On peut pincer les plantes pour produire deux ou plusieurs fleurs sur chaque tige; pincer le tissu ligneux vers le 15 août et le tissu non ligneux vers le 1er septembre. Les poinsettias ont besoin d'un apport continu d'engrais. Lorsqu'on a

Fig. 56 Les dieffenbachias sont cultivés pour leur beau feuillage.

Fig. 57 Les dracaenas sont aussi de grosses plantes au feuillage attrayant.

utilisé du superphosphate dans le sol d'empotage, ajouter un engrais de type 25-9-25 une fois par semaine à raison de 1 250 g/350-400 L d'eau.

Les mouches blanches sont les parasites les plus courants des poinsettias; elles doivent être éliminées dès le début car les insecticides utilisés plus tard peuvent endommager les fleurs.

Les pourritures de racine et de tige causées par le *Rhizoctonia*, le *Pythium*, ou le *Thielaviopsis* sont considérées comme les maladies les plus importantes des poinsettias. La couche, le terreau, les pots et le reste de l'équipement utilisé pour la multiplication doivent être complètement stérilisés. La pourriture causée par le *Thielaviopsis* se développe plus facilement à 15 °C; par conséquent, on prendra soin d'éviter toute chute de température. Les pourritures causées par le *Rhizoctonia* et le *Pythium* se développent plus facilement dans des sols constamment humides, aussi faut-il arroser avec précaution. On peut éviter ces deux maladies en mouillant le sol avec un fongicide peu après que les plantes sont empotées. On peut arrêter une élongation excessive et indésirable des plantes en utilisant des retardants de croissance tels le B-9®, dose de 5 000 à 7 500 ppm, vaporisé sur le feuillage lorsque les pousses mesurent environ 5 cm; le A-Rest®, dose de 2 à 8 ppm, utilisé en aspersion au moment du pincement jusqu'à 4 semaines plus tard, ou de 8 à 12 semaines avant la fin; et le Cycocel®, dose de 1 500 à 3 000 ppm, en vaporisation ou en aspersion lorsque les pousses mesurent de 2 à 4 cm (le traitement sera plus efficace si on vaporise deux fois à la plus faible concentration). Les plantes requièrent une terre bien engraissée et on ajoutera un engrais complet tel le 7-7-7 une fois par semaine ou tous les 10 jours. Les poinsettias préfèrent un milieu légèrement acide (pH entre 6 et 7).

Dieffenbachias (*Dieffenbachia maculata* 'Baraquiniana', 'Jenmannii' et 'Memoria')

Ces plantes se distinguent par leurs feuilles vert vif, brillantes, souvent marbrées ou tachetées d'ivoire (fig. 56). Elles nécessitent un éclairage moyen (de 32 000 à 42 000 lx) et poussent bien lorsqu'elles sont 63 à 73 % du temps à l'ombre. La température optimale pour la croissance est de 18 à 21 °C la nuit et de 17 à 30 °C le jour. Maintenir le sol uniformément humide, mais pas détrempé, et le fertiliser régulièrement. Bien que les insectes ne présentent pas un grave problème, les plantes sont sujettes à des attaques par les pucerons et les araignées. Le manque d'espace, une température élevée et l'humidité favorisent l'infection par des bactéries et des champignons (taches foliaires); un mauvais drainage ou un sol humide peuvent entraîner une pourriture du collet ou une pourriture de la tige d'origine bactérienne. La multiplication se fait par marcottage aérien, à partir de drageons ou en enterrant des sections de tige dans le sable.

Dracaenas

Les plantes de l'espèce *Dracaena* sont des plantes de type buisson ou arbre, à feuillage vigoureux (fig. 57). L'espèce *D. marginata* demande un éclairement intense, environ 54 000 lx; d'autres dracaenas demandent un éclairement modéré, environ 38 000 lx. Ces plantes préfèrent une grande humidité, mais elles

Fig. 58 Le figuier pleureur a tendance à retomber.

Fig. 59 La plante caoutchouc a un robuste feuillage.

tolèrent un air sec à la condition que le feuillage soit vaporisé régulièrement. Garder le milieu de croissance humide, mais non détrempé, et ajouter un engrais 20-20-20 environ une fois par mois. Ces espèces préfèrent des températures élevées, soit 18 à 20 °C la nuit et 27 à 30 °C le jour, mais elles tolèrent 16 °C la nuit et elles peuvent survivre à 10 °C pendant de courtes périodes. Les principaux parasites sont les cochenilles farineuses et les autres cochenilles. Une mauvaise aération, une température élevée et l'humidité favorisent les taches foliaires causées par les champignons et les bactéries.

Les dracaenas sont sensibles au fluorure : les extrémités et les bords des feuilles brunissent ou des taches brunes apparaissent sur le limbe. Les plantes sont sensibles au fluorure contenu dans l'air et dans le sol. Pour éviter les dommages causés par le fluorure, maintenir le pH du sol entre 5,5 et 6,8, éviter les engrais au superphosphate, utiliser de l'eau à faible teneur en fluorure et éviter les milieux de croissance contenant de la perlite. La multiplication se fait par marcottage aérien ou par enracinement de sections de tige ou de boutures.

Figuier pleureur (*Ficus benjamina*)

Cet arbre ou buisson à feuilles persistantes a tendance à retomber. Cette tendance augmente avec la maturité (fig. 58). Les feuilles sont effilées, vert intense, luisantes et légèrement tordues.

Plante caoutchouc (*Ficus elastica*)

Cultivée pour son robuste feuillage, cette plante a des feuilles couleur bronze qui deviennent vert brillant avec des traces ivoires (fig. 59). Elle demande une humidité moyenne à élevée, une température optimale de 18 à 21 °C la nuit et de 17 à 30 °C le jour, ainsi que beaucoup d'engrais. Elle est sujette aux attaques par les cochenilles, les cochenilles farineuses et les thrips. Une mauvaise ventilation, une température élevée et l'humidité favorisent les taches foliaires causées par le *Cercospora*.

Magnolia parasol (*Schefflera, Brassaia actinophylla*)

Ces plantes gracieuses, à croissance rapide, conviennent très bien pour la décoration intérieure (fig. 60). Les feuilles ont de longues tiges et comportent de 6 à 8 folioles vert brillant de 10 à 25 cm de long. La croissance de la plante est optimale sous éclairement assez intense (jusqu'à 54 000 lx). La plante préfère des températures élevées, de 18 à 21 °C la nuit et de 27 à 30 °C le jour. Elle requiert une humidité moyenne mais tolère un certain degré de sécheresse. On ne doit pas utiliser trop d'engrais. Les araignées, les cochenilles et les cochenilles farineuses peuvent l'attaquer. Dans des conditions chaudes et humides, les taches foliaires peuvent aussi apparaître. La multiplication peut se faire par bouturage, par marcottage aérien ou à partir de graines.

Crotons (*Codiaeum variegatum*)

Ces buissons à feuilles persistantes ont des feuilles brillantes se présentant dans des teintes crème, jaune et rouge (fig. 61). Ces plantes préfèrent un éclairement intense (75 000 lx) et des températures élevées (de 18 à 21 °C la nuit, de 27 à 30 °C le jour). Cependant, les crotons peuvent tolérer des températures nocturnes de 10 à 16 °C. Arrosez les plantes copieusement, laissez sécher, puis arrosez de nouveau copieusement. Les crotons nécessitent beaucoup d'engrais. Les cochenilles, les cochenilles farineuses et les araignées sont les parasites courants des crotons. Une mauvaise aération, une grande humidité et des températures élevées favorisent la pourriture de tige et de racines. Les courants d'air et un éclairement faible peuvent entraîner le jaunissement et la chute des feuilles. La multiplication peut se faire à partir de boutures de racines.

Philodendrons

La plante à feuille en forme de coeur, *Philodendron scandens* sous-esp. *oxycardium*, est une vigne dont les feuilles cordioïdes, brillantes et coriaces mesurent de 5 à 10 cm de long. Le *Philodendron selloum*, la plante de type arbre, pousse sans support jusqu'à 120 cm, avec des feuilles vert foncé, très découpées, de 30 à 45 cm de long. Le philodendron à feuilles fendues, *Monstera deliciosa* (fig. 62), est une vigne tropicale robuste à feuilles coriaces, brillantes et perforées de 20 à 30 cm de long.

Pour ces plantes, l'éclairement doit être modérément intense (32 000 lx). La température minimale pour la croissance est de 13 à 16 °C mais les plantes poussent

Fig. 60 Le magnolia parasol est un arbre d'intérieur décoratif.

Fig. 61 Le croton est un buisson à feuillage persistant.

Fig. 62 Comme les autres philodendrons, le philodendron à feuilles fendues préfère la lumière indirecte.

mieux lorsque la température est plus élevée. Ces plantes sont particulièrement sujettes aux attaques des cochenilles farineuses. Une mauvaise aération et une grande humidité peuvent favoriser les infections par les bactéries et les champignons (taches foliaires) ainsi que la pourriture bactérienne des feuilles. La multiplication peut se faire par bouturage de pointes, enracinement de boutures qui se trouvent à la jointure de la tige, ou marcottage aérien de pointes de vieilles plantes.

Pépéromias (*Peperomia caperata*)

Ces petites plantes grasses trainantes (fig. 63) ont un feuillage séduisant et sont surtout utilisées en corbeilles. Elles demandent un éclairement faible à moyen (de 22 000 à 32 000 lx) et des températures élevées (de 18 à 21 °C la nuit et de 27 à 30 °C le jour). Leurs besoins en engrais sont très faibles. Une mauvaise aération et une humidité élevée favorisent la pourriture de la tige et des racines ainsi que la cercosporiose. On peut multiplier les plantes par division ou à partir de boutures.

Cactus et autres plantes grasses

Les plantes qui emmagasinent de l'eau dans leurs tissus sont appelées plantes grasses. Les cactus, qui constituent le groupe de plantes grasses le plus important, emmagasinent l'eau dans leurs tiges. Les cactus viennent du désert et, de ce fait, la plupart supportent la lumière solaire directe (fig. 64). Les cactus poussent rarement dans les régions où l'on enregistre plus de 25 cm de pluie par an. Cependant, certains cactus viennent de climats humides.

Les cactus doivent être arrosés pendant la période de croissance dès que le sol est sec. Pendant la période de dormance, ils n'ont pas besoin d'eau, ou seulement assez pour empêcher le sol de sécher complètement. Un mélange d'empotage humide, très poreux, est essentiel. On peut préparer un bon milieu de croissance en mélangeant huit parties de sol, huit parties de perlite, deux parties de fumier de vache déshydraté et une partie de poudre d'os.

Les cactus et les plantes grasses demandent un éclairement intense (de 54 000 à 65 000 lx), à l'exception des cactus de Noël, des cactus de Pâques et des cactus orchidées qui demandent un éclairement moyen (de 22 000 à 43 000 lx). Les cactus et les plantes grasses exigent des températures moyennes (de 16 à 18 °C la nuit et de 18 à 24 °C le jour). Bien arroser les plantes et laisser sécher la couche supérieure du sol avant de recommencer.

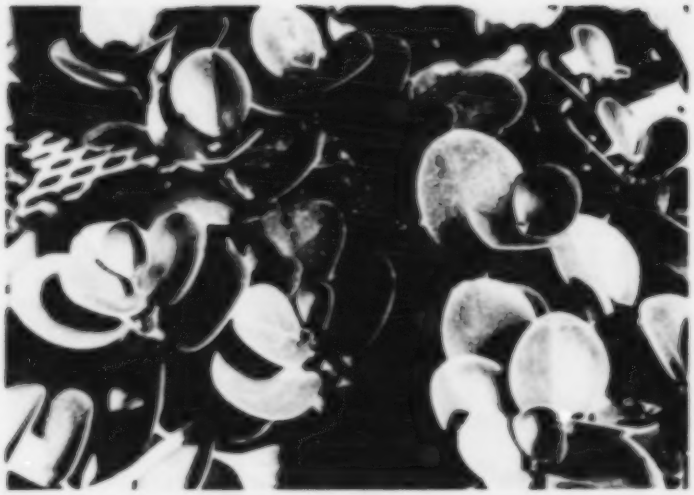


Fig. 63 Les pépéromias sont surtout utilisés dans les jardinières suspendues.

Fig. 64 Les cactus supportent la lumière solaire directe.

Les cactus de Noël, les cactus de Pâques et les cactus orchidées requièrent des températures élevées (de 18 à 21 °C la nuit et de 27 à 30 °C le jour) et préfèrent un sol humide. Ne pas ajouter trop d'engrais. Les boutons de fleurs se forment lorsque les jours sont courts, à température plus basse, lorsqu'on laisse au sol le temps de sécher entre deux arrosages. La floraison nécessite des jours courts: des jours de 8 heures pendant 4 semaines ou la longueur normale du jour en automne et en hiver. Réduire la température entre 10 et 13 °C pendant la nuit. Commencer par lessiver le sol pour réduire les concentrations d'engrais et le laisser sécher entre deux arrosages. Ne pas utiliser d'engrais lorsque les boutons se forment. Lorsque les boutons grossissent, on peut reprendre l'arrosage normal et augmenter la température. Réduire de moitié les quantités d'engrais jusqu'à ce que les fleurs s'épanouissent. Même lors-

que les cactus à fleurs poussent dans de mauvaises conditions d'éclairement, ils produisent quelquefois des fleurs.

Les cactus peuvent être attaqués par les cochenilles farineuses, les araignées et les cochenilles. Une stérilisation inadéquate des pots, du sol et des couches peut entraîner des infections par le *Botrytis*, le *Phytophthora*, le *Pythium* et le *Fusarium*.

Pour faire pousser des cactus à partir de boutures de tiges, prélever un fragment de la tige, sphérique, cylindrique, en forme de bande ou en forme de quartier en coupant directement à travers la tige. Placer les boutures dans un endroit sec et chaud pendant environ 3 jours pour laisser sécher la blessure. Lorsque l'extrémité est sèche, placer le fragment dans un pot contenant un mélange d'empotage ou du sable, en l'enfonçant suffisamment pour qu'il demeure en position verticale. Le mélange d'empotage doit rester légèrement humide. La bouture de tige devrait s'enraciner en 1 à 3 semaines. D'autres cactus peuvent être multipliés à partir de cailleux et de rejets.

Quelquefois, on peut multiplier les cactus à partir de graines recueillies chez soi ou achetées. Semer les graines à la surface et les laisser à découvert. Placer le pot dans un sac en plastique ou le couvrir avec une plaque de verre pour empêcher le sol de sécher complètement. Maintenir la température entre 21 et 27 °C.

On peut aussi multiplier les cactus par greffage si les plantes ne poussent pas facilement à partir de graines, de boutures ou de cailleux.

Fougères

Un grand nombre d'espèces de fougères sont cultivables : *Adiantum*, capillaire du Canada; *Asplenium*, doradille; *Asplenium nidus*, doradille nid d'oiseaux; *Blechnum*, fougère à nervures; *Davallia*, davallie des Canaries; *Nephrolepis exaltata*, fougère Boston; *Pellaea rotundifolia*, fougère à boutons; et *Pteris*, fougère de table. Les fougères (fig. 65) demandent relativement peu de lumière (22 000 lx). Leur température optimale de croissance est de 18 à 21 °C la nuit et de 27 à 30 °C le jour, mais un grand nombre tolèrent des températures minimales de 10 à 16 °C. Les fougères préfèrent un haut degré d'humidité et un sol humide à haute teneur en humus. La lonchite, *Cyrtomium falcatum*, fait exception et demande un sol assez sec. Certaines fougères (*Adiantum*) poussent mieux dans des sols riches en calcium. Utiliser très peu d'engrais. Les fougères peuvent être attaquées par les cochenilles, les cochenilles farineuses, les pucerons et les mouches blanches. Une mauvaise stérilisation des pots, du terreau et des couches peut entraîner des infections par le *Botrytis* ou le *Rhizoctonia*. Les extrémités et les bords des folioles peuvent sécher et brunir lorsque le degré d'humidité est faible ou lorsque le réseau de racines est endommagé à cause d'une concentration de sel trop élevée dans le sol ou à cause d'un sol saturé en eau. On peut multiplier les fougères par division de vieilles plantes ou en plantant des spores.

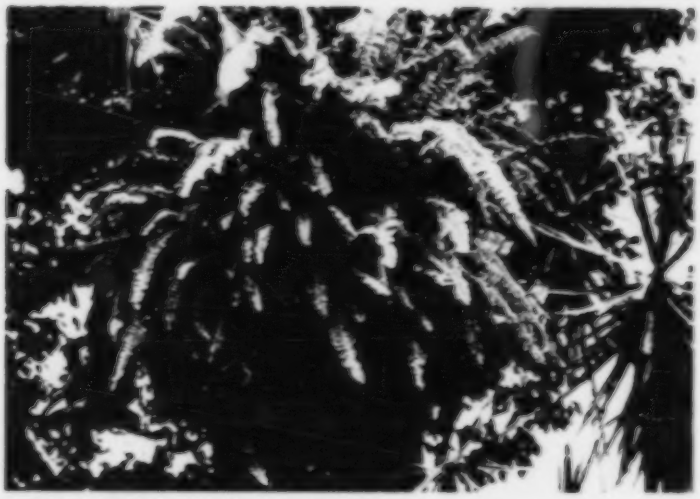


Fig. 65 Les fougères préfèrent un éclairage peu intense.

Fig. 66 Le *Cycas* est l'un des palmiers que l'on peut cultiver.

Palmiers

Les nombreuses espèces de palmiers disponibles demandent un éclairement moyen (de 32 000 à 43 000 lx) et des températures de croissance élevées (de 16 à 21 °C la nuit et de 24 à 30 °C le jour). Les *Rhapis* et les *Cycas* (fig. 66) préfèrent des températures moyennes. Pour les *Cycas*, arroser copieusement, laisser la

surface du sol sécher, puis arroser de nouveau copieusement. Pour les autres palmiers, maintenir le sol uniformément humide, mais non détrempé. Ne pas utiliser trop d'engrais. Les palmiers sont sujets aux attaques par les araignées. On peut les multiplier à partir de graines.

Bulbes forcés

Pour le forçage (fig. 67), choisir des bulbes intacts et sains. Il n'est pas nécessaire qu'ils soient très gros, mais les extrémités ne doivent pas être endommagées et la pelure extérieure ne doit pas être déchirée. Ne pas prendre de bulbes qui ont l'air d'avoir été pelés. Conserver les bulbes à basse température pendant un certain temps après la plantation, puis à température élevée lorsqu'ils arrivent à la période de floraison. En contrôlant ces conditions, le jardinier peut décider du moment de la floraison.

Fig. 67 Les bulbes forcés offrent un spectacle attrayant au printemps.

La plupart des bulbes peuvent être cultivés dans du sol, dans du compost, ou dans un mélange de tourbe et de vermiculite. Le degré d'humidité doit rester constant. Le sol ne doit pas devenir saturé en eau ni sécher complètement. L'emploi d'engrais n'est pas essentiel car ces bulbes ont suffisamment de réserves pour arriver à la floraison. Si on utilise du sol, un mélange à parts égales de limon, de sable grossier et de tourbe donne de bons résultats. Il existe un grand nombre de mélanges spéciaux.

Pour la plantation, placer les bulbes près les uns des autres, mais sans qu'ils se touchent, dans un contenant à moitié rempli. Couvrir les bulbes de telle sorte que les extrémités arrivent juste à la surface du sol. Planter les oignons de crocus de telle sorte qu'ils soient juste recouverts. Étiqueter les pots et arroser soigneusement. Attendre qu'un bon réseau de racines se soit formé avant de soumettre les bulbes à des températures plus élevées. La plupart des bulbes doivent être conservés ainsi pendant 2 mois, mais tout dépend de la sorte de bulbes. Conserver les pots dans un endroit sombre à une température de 5 à 10 °C, ou les placer dehors sous du sable et des feuilles, dans une tranchée de 45 à 60 cm, jusqu'à ce qu'on en ait besoin. Vérifier si les pots conservés au-dessus du sol ont besoin d'eau.

Lorsque les pousses mesurent environ 2 cm de long, après une conservation de 10 à 13 semaines au plus, on peut commencer le forçage. Placer les bulbes empotés dans une pièce froide et éclairée à une température d'environ 10 °C. Couvrir les pousses qui émergent pendant la première journée. Elles deviendront graduellement vertes et vigoureuses, mais ne pas les déplacer dans un endroit dont la température dépasserait 15,5 °C avant que les feuilles soient bien formées. À ce stade, les pots doivent être arrosés plus fréquemment. Après, on placera les pots dans un endroit mieux éclairé, mais pas à la lumière solaire directe.

- Les hyacinthes devraient être prêtes pour le forçage après la mi-janvier et devraient fleurir en 3 semaines.
- Les tulipes peuvent être forcées à la fin de janvier et fleurir en 4 semaines environ. Utiliser n'importe quelle variété indiquée dans les catalogues comme étant «hâtives simples».
- Les narcisses peuvent être forcés à la fin de janvier. Les bulbes conservés à environ 13 °C donnent de longues tiges et des fleurs durables.
- Le narcisse «Paper-White» n'a pas besoin d'une période de repos à basse température et peut être planté à température élevée. Il fleurit en 6 semaines environ.
- Les crocus et les hyacinthes en grappes peuvent être déplacés pour le forçage à la fin de janvier et forcés à température de 10 à 15 °C.

Les bulbes qui ont été forcés ne peuvent pas l'être une deuxième fois, mais on peut les conserver pour les planter à l'extérieur. Pour permettre aux bulbes d'arriver à maturité, arroser et ajouter de l'engrais jusqu'à ce que le feuillage jaunisse, puis laisser le sol sécher complètement. Les bulbes doivent être enlevés, nettoyés et conservés dans un endroit sec et froid, jusqu'au moment de la plantation. Les bulbes non rustiques, tel le *Narcissus tazetta* 'Paperwhite' ne survivent pas au froid et ne peuvent être plantés dehors.

Les plantes à bulbe sont sujettes à plusieurs maladies, mais ces maladies ne sévissent généralement pas dans les serres d'agrément.

Lorsqu'on utilise un engrais 20-20-20 dans un pot de 15 cm, une faible quantité d'engrais correspond à 0,4 g, une quantité moyenne à 0,8 g et une grande quantité à 1,2 g. Les valeurs correspondantes pour un pot de 25 cm sont 1,2, 2,4, et 3,6 g.

Insectes et maladies

Insectes

On trouve beaucoup de sortes d'insectes dans les serres, mais seulement quelques-uns sont en quantité suffisante pour endommager les plantes. La meilleure défense consiste à essayer d'éviter l'infestation et de limiter le plus possible le nombre d'insectes. Les plantes gardées pendant de longues périodes constituent la principale source de réinfestation. Prendre soin d'éliminer les vieilles feuilles ainsi que les plantes entières qui présentent des signes chroniques de mauvaise santé. Couper les plantes de façon qu'il reste seulement quelques feuilles aux branches après la floraison et les laisser produire un nouveau feuillage. Enlever immédiatement les feuilles mortes et les fleurs car elles peuvent abriter des insectes et des parasites. Éviter d'entasser les plantes afin d'assurer une bonne aération. Cela permet aussi d'éviter toute augmentation du degré d'humidité et de faciliter l'accès aux plantes. De nombreux insectes et maladies prospèrent sous un faible éclairement. Quelques-uns des insectes les plus nuisibles sont décrits ci-dessus.

Les mouches blanches (fig. 68) sont parmi les insectes des serres les plus courants. On les trouve généralement sur les faces intérieures des feuilles où elles se nourrissent à l'aide d'un appareil bucal piqueur-suceur. Ces insectes causent des taches jaunes sur les feuilles et laissent un résidu poisseux sur les fruits de plantes tels les tomates et les concombres. Laver les fruits pour enlever le résidu. Ces mouches attaquent particulièrement les chrysanthèmes, les fuchsias, les pétunias, les poinsettias, les sauges, le tabac et les tomates. On peut facilement tuer les adultes, mais les oeufs, les pupes et les larves résistent aux pesticides. Par conséquent, il est possible qu'il faille avoir recours plusieurs fois aux insecticides pour les éliminer. C'est un parasite persistant qui a développé une résistance à un grand nombre d'insecticides chimiques.

Les mites (fig. 69) sont des insectes sans ailes de la famille des araignées qui ont un corps oval et de petites pattes. Elles ont un appareil bucal piqueur-suceur avec lequel elles sucent la sève du tissu végétal. En se nourrissant ainsi, ces insectes donnent aux feuilles un aspect sec, blanchâtre, et causent une déformation des nouvelles pousses. Les mites du cyclamen sont très petites, une fraction de millimètre à l'âge adulte, et elles sont très difficiles à voir à l'oeil nu. Les mites du cyclamen attaquent un grand nombre d'espèces de plantes, déformant feuilles et fleurs. Les tétranyques à deux points ont deux taches sombres sur le corps et sont deux fois plus gros que les mites du cyclamen. Ces insectes se retrouvent surtout sur les faces intérieures des feuilles et dans les fleurs qu'elles finissent par dessécher. Une faible humidité relative favorise la multiplication de ces insectes.

Fig. 68 Les mouches blanches sont des insectes nuisibles communs.

Fig. 69 Les mites sucent la sève des tissus végétaux.

Les mites vivent aussi sur les déchets de plantes et sur l'ossature de la serre. Elles envahissent alors les tomates, les laitues et presque tous les légumes et les fleurs. La fumigation de la serre est probablement le remède le plus efficace, mais il faut répéter le traitement pour tuer les insectes en période d'activité.

Les pucerons (fig. 70) sont de petits insectes qui puisent leur nourriture sur les légumes et les fleurs de serre humides. Ils sucent la sève des plantes, causant une déformation des feuilles et laissant un résidu poisseux appelé miellat. Ils peuvent aussi transmettre des virus qui attaque les plantes. Lorsque les pucerons deviennent trop nombreux, il faut utiliser des insecticides chimiques pour les détruire.

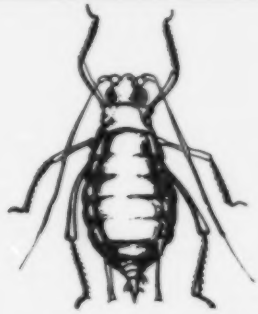


Fig. 70 Les pucerons laissent un résidu poisseux appelé miellat.

Les cochenilles farineuses sont de petits insectes blancs couverts de cire (fig. 71) qui attaquent un grand nombre de plantes d'intérieur, laissant une substance blanche cotonneuse sur les noeuds foliaires. Les cochenilles farineuses sont parmi les insectes de serre les plus nuisibles. Ils abîment les plantes en prélevant la sève, en favorisant l'apparition de la fumagine et en laissant des résidus cireux. Les cochenilles farineuses qui se nourrissent de racines vivent sur les racines et causent le flétrissement ou le jaunissement des plantes. Les insecticides systémiques sont les plus efficaces pour éliminer ces insectes.

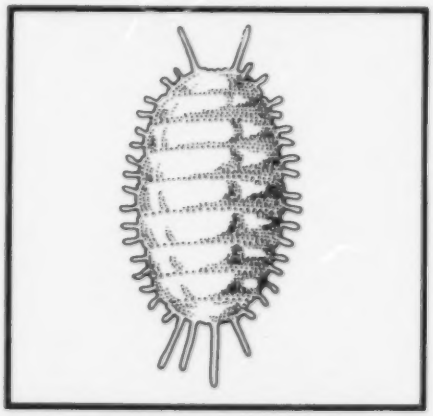


Fig. 71 Les cochenilles farineuses laissent une substance cotonneuse sur les noeuds foliaires.

Les moucherons (fig. 72) commencent à poser un grave problème en raison de l'utilisation accrue de mélanges sans sol à haute teneur en matière organique. Ils puisent leur nourriture sur les jeunes racines et dans la matière organique en décomposition. Le lessivage du sol et les insecticides granulaires sont des remèdes efficaces.

Fig. 72 Les moucherons se nourrissent de matière organique en décomposition.

Fig. 73 Les cochenilles infestent de nombreuses plantes ornementales.

Les cochenilles (fig. 73) sont de tout petits insectes sans ailes mesurant jusqu'à 3 mm de longueur et possédant un appareil bucal perceur-suceur. Leur corps est recouvert d'une substance cireuse ou écailleuse. Les cochenilles attaquent un grand nombre de plantes ornementales comme le *Ficus*, les fuchsias, les fougères, les palmiers et le lierre. Les insecticides systémiques permettent généralement de les éliminer.

Les thrips (fig. 74) sont de petits insectes de 15 à 30 mm de long à l'âge adulte qui parasitent pour se nourrir d'un grand nombre d'espèces de plantes. On les trouve généralement dans les boutons, les fleurs, les pétales et les aisselles des feuilles ainsi qu'entre les pelures des plantes à bulbes. Les insectes enlèvent l'épiderme d'une feuille ou d'un pétale de fleur et sucent la sève, laissant des rayures. Pour éliminer ces insectes, il faut traiter toute la plante avec des insecticides.

Fig. 74 Les thrips laissent des rayures.

Fig. 75 Les limaces mangent la plupart des feuilles des plantes de serre.

Les limaces (fig. 75) sont des animaux mous, gris foncé et gluants qui mangent le feuillage de la plupart des plantes de serre. Elles sont actives la nuit et elles se cachent sous les feuilles le jour.

Les escargots (fig. 76) ressemblent aux limaces mais ils ont une coquille. On les élimine avec un appât-poison.

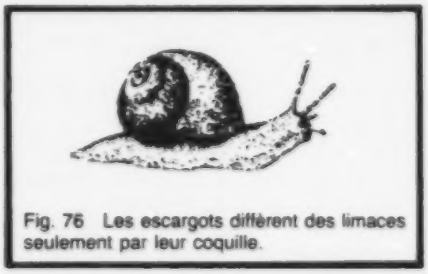


Fig. 76 Les escargots diffèrent des limaces seulement par leur coquille.

Les perce-oreilles (fig. 77) sont devenus une véritable peste depuis quelques années. Ils mangent les feuilles de façon irrégulière, les laissant en lambeaux. Les clématites, les dahlias, les glaïeuls et d'autres plantes incluant un grand nombre de légumes sont attaqués par les perce-oreilles. Il existe plusieurs insecticides pour les éliminer.

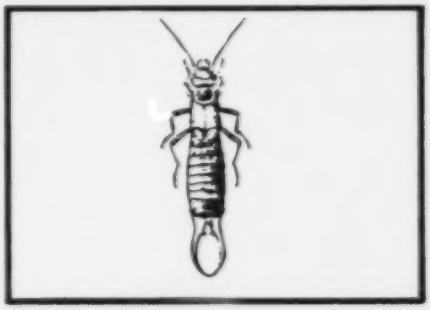


Fig. 77 Les perce-oreilles laissent les feuilles en lambeaux.

Les nématodes sont des parasites qui attaquent les racines (fig. 78) ou les feuilles. Les plantes dont les racines sont attaquées par les nématodes se rabougrissent et deviennent moins productives. On peut utiliser la fumigation du sol pour éliminer ces insectes. Les nématodes foliaires, qui attaquent les feuilles, ont une prédilection pour les bégonias, les chrysanthèmes et les fraisiers.

Propagation des maladies

Un grand nombre de maladies attaquent les plantes de serre. Il est donc important de détecter les infections le plus tôt possible. Des maladies telles la moisissure causée par le *Botrytis* ou le blanc peuvent se répandre si rapidement qu'une seule infection peut se transformer en épidémie en 2 ou 3 jours. Trop d'humidité, une mauvaise aération et la présence d'un feuillage sénescent favorisent la croissance et la propagation des champignons et des bactéries pathogènes. La négligence dans la manipulation des plantes peut aussi entraîner la propagation des maladies. Les maladies virales, par exemple, sont transmises par la sève. Par conséquent, manipuler des plantes saines après avoir touché des plantes malades peut transmettre l'infection. Un grand nombre de champignons produisent des

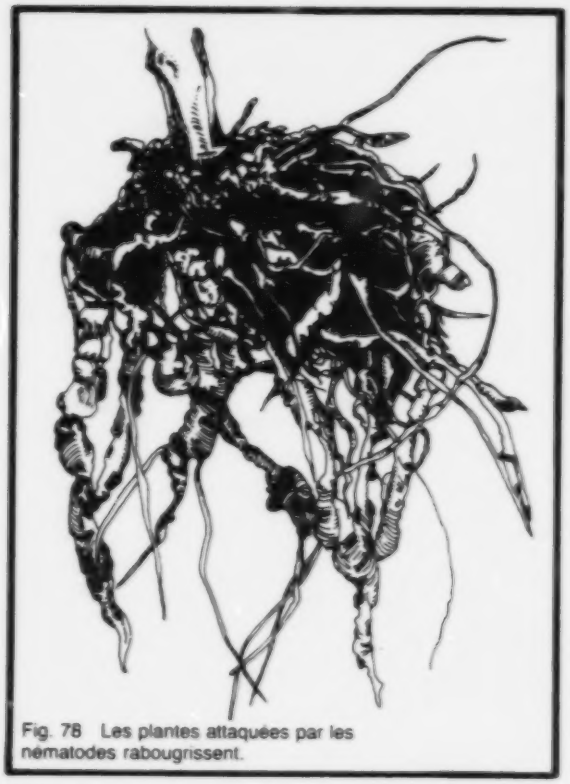


Fig. 78 Les plantes attaquées par les nématodes rabougrissent.

spores en abondance. Ces spores peuvent être transportées d'une plante à une autre par les courants d'air, se déposer sur l'arrosoir ou le tuyau d'arrosage ou se propager par contact manuel ou en se fixant sur les vêtements. Dans la plupart des maladies bactériennes, de petites gouttes contenant des bactéries suintent des plantes et adhèrent à la surface des feuilles. Les bactéries sont généralement portées d'une plante à une autre par le jardinier. Les insectes peuvent aussi faciliter la propagation des champignons et des bactéries en les transportant sur diverses parties de leurs corps. Plusieurs maladies virales peuvent aussi être transmises d'une plante infectée à une plante saine par des insectes, mais, très souvent, l'insecte doit percer la feuille ou la tige pour prélever l'élément pathogène de la sève. L'insecte infecté doit alors percer la feuille d'une plante saine pour inoculer le virus. Voici quelques-unes des maladies les plus courantes dans les serres.

Maladies cryptogamiques

La moisissure grise (*Botrytis* spp.) attaque les bulbes, les tiges, les feuilles et les fleurs d'un grand nombre de plantes ornementales et de légumes. Les symptômes sont une pourriture brune et une brûlure des fleurs et d'autres tissus malades (fig. 79). Les spores sont transportées par l'air et germent sur les surfaces humides des plantes.

La germination des spores requiert beaucoup d'humidité. Il faut donc assurer une bonne ventilation et éviter d'éclabousser les plantes. Il est essentiel d'adopter de bonnes pratiques sanitaires telle l'élimination des vieilles fleurs et feuilles.

La brûlure alternarienne et les taches foliaires (*Alternaria* spp. et *Septoria* spp.) sont des maladies courantes des tomates. La brûlure alternarienne se caractérise par des anneaux noirs sur fond brun. Les taches foliaires se présentent sous la forme de petits points noirs sur la partie malade. Les feuilles les plus anciennes sont attaquées les premières et ces maladies peuvent entrainer une défoliation de la partie inférieure de la plante. Les spores de ces maladies sont transportés par les courants d'air ou bien ils peuvent se déposer sur les feuilles avec les éclaboussures lors de l'arrosage. Une bonne ventilation et une réduction de l'humidité aident à éliminer ces maladies.

Fig. 79 Le *Botrytis* apparaît sur les fleurs, les feuilles et les tiges des plantes lorsque l'humidité est très élevée.

Le blanc (fig. 80), causé par l'une quelconque d'un grand nombre d'espèces de champignons, se caractérise par de petites taches neigeuses à la surface des feuilles, des tiges et des fleurs. Sur certaines plantes, telles les roses, les jeunes pousses peuvent se couvrir complètement de blanc et se déformer. La maladie se répand par l'intermédiaire de spores transportées dans les courants d'air. Certaines espèces de blanc sont particulières à certaines plantes, par exemple, le blanc des chrysanthèmes n'attaque pas les roses. Les spores de blanc peuvent germer à un degré d'humidité plus faible que celui généralement requis par les autres maladies.

Les *Rhizoctonia*, *Pythium* et *Thielaviopsis* sont des champignons qui se trouvent dans le sol et qui attaquent une grande variété de plantes. Les racines infectées par le *Pythium* deviennent généralement noires et humides. Elles apparaissent creuses et affaissées. Des sols froids, humides, mais drainés, favorisent cette maladie. Par conséquent, il faut éviter de trop arroser. Les *Rhizoctonia* peuvent infecter les feuilles, les tiges et les racines de nombreuses plantes. Les racines ne pourrissent pas autant qu'avec le *Pythium*, mais la plupart des jardiniers amateurs ne peuvent pas distinguer les deux.

Le *Thielaviopsis* cause une pourriture des racines plus sèche, mais, là encore, les symptômes produits par les *Pythium*, les *Rhizoctonia*, et les *Thielaviopsis* ne sont pas assez différents pour que le jardinier amateur puisse les différencier.

La fonte des semis est très souvent causée par le *Rhizoctonia* ou le *Pythium*. L'infection des plants peut se produire avant qu'ils sortent du sol ou après (fig. 81). Pour éviter la fonte des semis, utiliser un sol bien drainé, complètement pasteurisé, ou un milieu d'enracinement stérile; nettoyer à fond les plantes, les planches, les pots et les outils et adopter de bonnes pratiques sanitaires. Le traitement du sol avec des produits chimiques peut aussi aider.

Le *Verticillium* est un champignon qui envahit les tissus conducteurs des plantes et cause le flétrissement. Très souvent, un seul côté de la plante est attaqué. Le champignon reste dans le sol et l'infection se produit à partir des racines; dans de nombreux cas, les plantes ne présentent pas de symptômes. Cependant, les boutures de plantes malades peuvent transporter le champignon. Il faut pasteuriser le milieu de croissance pour éliminer cette maladie.

Fig. 80 Le blanc n'est qu'une des maladies cryptogamiques qui peuvent s'attaquer aux plantes des serres.

Fig. 81 La fonte des semis est en général causée par le *Pythium* ou le *Rhizoctonia*.

La moisissure des tomates, causée par le champignon *Cladosporium fulvum*, commence par des taches grises sur la face inférieure des feuilles et se développe jusqu'à ce que toute la feuille, haut et bas, se couvre d'une moisissure couleur olive. On peut éviter cette maladie en utilisant de bonnes pratiques sanitaires et une bonne ventilation.

Maladies bactériennes

Les bactéries sont des organismes monocellulaires qui vivent dans les tissus de la plante, ce qui rend la maladie difficile à éliminer. La meilleure méthode de lutte est la prévention, ainsi que l'élimination soigneuse des plantes infectées dès le début. La tumeur du collet des géraniums et des chrysanthèmes, causée par le *Agrobacterium tumefasciens*, les taches bactériennes des géraniums causées par le *Xanthomonas* spp., la flétrissure bactérienne des oeillets causée par le

Pseudomonas caryophylli, et la pourriture molle des boutures et des bulbes causée par le *Erwinia* spp. sont parmi les maladies bactériennes les plus courantes.

Maladies virales

Les virus sont des agents infectieux extrêmement petits, similaires par leur taille et leur chimie à l'ADN, matériau génétique qu'on retrouve dans les cellules des plantes. Les virus vivent dans les cellules, causant des symptômes complexes tel le rabougrissement, le nanisme, la verticilliose, des mosaïques, ainsi que la déformation des feuilles, des fleurs et des fruits. En général, les premiers symptômes apparaissent sur les feuilles, sous forme de marbrures ou de mosaïque (fig. 82). Les fleurs peuvent devenir naines, se déformer ou même prendre une structure feuillue. Les virus peuvent se propager par l'intermédiaire des insectes qui se nourrissent sur une plante saine après s'être nourris sur une plante infectée, par greffage de plantes infectées ou lorsqu'on utilise des plantes infectées pour faire des boutures. Quelquefois, les virus se répandent simplement lorsqu'on manipule des plantes saines après être entré en contact avec des plantes infectées. Il faut prendre soin d'utiliser du matériel de multiplication non pathogène et d'adopter un bon programme sanitaire pour éviter ces problèmes.

Plusieurs virus attaquent les tomates. Le virus de la mosaïque du tabac est le plus courant. Il cause la déformation des feuilles, le rabougrissement de la plante et une réduction de la production. Il se répand par l'intermédiaire des insectes, des mains ou des outils. En plus d'un bon programme sanitaire et des méthodes de lutte contre les insectes, on évitera les risques d'infection en ne fumant pas car le virus peut être présent dans le tabac.

Maladies physiologiques

Des températures inappropriées dans la serre, un mauvais emploi des engrais et un mauvais arrosage, l'accumulation de sels solubles et d'autres problèmes nutritionnels peuvent causer des maladies physiologiques chez les plantes.

- La pourriture apicale de la tomate se caractérise par un tissu brun, coriace, vers l'oeil du fruit. La cause directe est une déficience en calcium; une cause indirecte est le stress causé par un sol pas assez ou trop humide, un excès de sels solubles ou des taux de transpiration élevés.
- Le fendillement des tomates est généralement causé par un changement soudain dans l'humidité des plantes. Pour prévenir cette maladie, il suffit généralement d'éviter les températures élevées et de maintenir des conditions d'humidité moyennes et uniformes.
- La pourriture sèche des tomates est associée à un faible éclairement, à des températures basses, à une humidité du sol élevée, à une forte concentration en azote et à une carence en potassium.
- On peut éviter l'insolation des tomates en conservant les feuilles qui protègent les grappes de fruit et en réduisant la température de la serre.
- La déformation et la face de chat des tomates, sous forme de rides radiales sur la couronne du fruit, sont causées par une mauvaise pollinisation, à des températures basses et à une humidité relative trop élevée. Ces facteurs empêchent la fleur de se développer normalement.
- La courbure excessive des concombres peut être causée par l'interférence d'une feuille ou de la tige avec la croissance du jeune fruit. De mauvaises conditions de température, un sol très humide et une mauvaise nutrition peuvent aussi causer cette maladie.

Fig. 82 La mosaïque virale de la rose décolore les feuilles, retarde la croissance de la plante et affecte la floraison.

Les maladies physiologiques attaquent la plupart des plantes qui sont soumises à un stress. Les symptômes sont très variables : taches foliaires, pyrolyse de l'extrémité et des bords des feuilles, croissance anormale, défoliation, chute des fleurs et des fruits, et détérioration générale.

Pesticides

Les types de pesticides que le jardinier amateur peut se procurer, leur composition et l'emploi recommandé varient avec le temps. Manipuler et utiliser tous les pesticides en respectant *strictement* le mode d'emploi. Suivre exactement toutes les instructions relatives à la manipulation, au dosage pour l'emploi en serre ou à l'extérieur, et au calendrier des applications sur les plantes comestibles. Observer toutes les précautions de protection contre la toxicité.

Les pesticides peuvent endommager les plantes. Pour réduire ce risque au minimum, utiliser les pesticides au moment le plus frais de la journée.

Un grand nombre de pesticides sont toxiques pour les êtres humains et les animaux, même s'ils ont fait l'objet d'essais rigoureux avant d'être autorisés. Il faut manipuler ces produits chimiques avec précaution et éviter tout emploi excessif. De bonnes pratiques sanitaires et des méthodes de culture appropriées constituent les meilleurs moyens de lutte contre les insectes et les maladies. Les pesticides chimiques ne doivent être utilisés qu'en dernier ressort.

Bibliographie

Construction des serres

Construction de maisons à ossature en bois - Canada. Édition métrique, 1981.
Société canadienne d'hypothèque et de logement, Bureau national, Ottawa (Ont.)

Emprisonnons la chaleur, 1976.
Énergie, Mines et Ressources Canada.

Isolation thermique des maisons pour la conservation de l'énergie, 1980.
Office des normes générales du Canada, Hull (Québec)

Le manuel du solarium, 1981.
Hawes, D.; Lawand, T.; LeNormand, J.; Skelton, A.
Conseil national de recherches du Canada, Projet sur l'énergie solaire, Ottawa (Ont.)

Low-cost passive solar greenhouses. 1980.
Alward, R.; Shapiro, A.,
National Center for Appropriate Technology, P.O. Box 3838, Butte, MT.

Manuel de conception et de construction d'un lit de pierres pour le stockage thermique, 1981.
Enermodal Engineering Ltd.
Conseil national de recherches du Canada, Projet sur l'énergie solaire, Ottawa (Ont.)

Solar greenhouses : underground. 1982.
Geery, D.
Tab Books, Inc., Blue Ridge Summit, PA.

The food and heat-producing solar greenhouse. 1976.
Fisher, R.; Yanda, B.
John Muir Publications, P.O. Box 613, Santa Fe., NM

The solar greenhouse book. 1978.
McCullagh, J.C.
Rodale Press, Emmaus, PA.

Exploitation des serres

Ball bedding book. 1977.
Ball, V.
Geo. J. Ball, Inc.

Diagnostic techniques for soils and crops. 1948.
The American Potash Institute, Washington, D.C.

Greenhouse grow-how. 1977.
Pierce, J.H.
Plants Alive Books, Seattle, WA.

Greenhouse operation and management. 2nd ed. 1981.
Nelson, P.V.
Reston Publ. Co. Inc., Reston, Virginia.

Greenhouse vegetable production in Ontario. 1976.
Tiessen, H.; Wiebe, J.; Fisher, C.
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario, Toronto (Ont.). Publ. 526.

Horticulture for profit and pleasure. 1969.
Hamilton, G.H., et al.
J.M. Dent and Sons Ltd. (Canada).

Hydroponic food production. 1978.
Resh, H.M.
Woodridge press Publ. Co., Santa Barbara, CA.

Pesticide recommendations for greenhouse ornamentals, 1981–1982.
Ontario Ministry of Agriculture and Food, Toronto, Ont., Publ. 381.

Reader's Digest illustrated guide to gardening in Canada. 1979.
Caltcins, C.C., ed.
Reader's Digest Assoc. (Canada) Ltd.

Index

A-Rest 50, 64
abrasion 21
acceptabilité 25
accumulateur 33
accumulation d'eau 10
acide indole-butyrique 50
acide sulfurique 53
acidité 49
acidité du sol 49
acrylique 26
acrylique, double épaisseur extrudé 23
acrylique, simple épaisseur 22
activités d'amélioration 5
Adiantum 68
agent humidificateur 44
agent mouillant 46
Agrobacterium tumefasciens 73
ajutages 46
alcalinité 48, 49
alcool méthylique 56
alcool éthylique 56
aleurodes 61
alimentation 48
alimentation en air suffisante pour soutenir la combustion 39
alimentation foliaire 48
aliments 3
Allium schoenoprasum 58
allée 42, 43
Alternaria 72
alvéoles 52
amaryllis 48
ameublissement 44
ammonium 49
analyses du feuillage 49
Anethum graveolens 58
angle d'inclinaison du vitrage 8
anti-chocs 21
antirouille 33
appât-poison 71
appentis 8
apprêt 21
araignées 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69
araignées rouges 60
argile 44
argile calcinée 44
arrosage excessif 46
arrosage insuffisant 46
arrosoir 46
Ascochyta 61
Asplenium 68
Asplenium nidus 68
association communautaire 14
asters 47
atmosphère intérieure 3
attaches 18
axe est-ouest 7
azalées 47, 48, 49
azote 48, 49, 51, 63
B-9 50, 62, 64
bactéries pathogènes 71
balcon 11
basilic 58
bâti du vitrage 17
bâtis métalliques 18
Begonia × *rex-cultorum* 58
Begonia serratipetala 58
Begonia × *tuberhybrida* 58
bégonia royal 58
bégonias 47, 55, 58, 71
bégonias à feuilles luisantes 58
bégonias fibreux 58
bégonias Rex 55
bégonias rhizomateux 58
bégonias tubéreux 58
béton 35
béton coulé 16, 18
betteraves 56, 58
bioxyde de carbone 29
blanc 58, 62, 63, 71, 73
Blechnum 68
blocs de pose en néoprène 28
blocs en béton 37
bois de bonne qualité 18
bois imputrescible 10, 18
borax 49
bore 49, 51
Botrytis 58, 62, 68, 71, 72
bougie métrique 47
bouturage 65
boutures 42, 54, 55, 65, 74
boutures de racine 55, 66
boutures de rameaux herbacés 62
boutures de tige 54, 68
boutures enracinées 62
boutures ligneuses 54
boyau muni d'un ajutage 46
Brassaia actinophylla 65
brise estivale 7
brise-vent 7
brocoli 41
broméliacées 48
bromélies 50
brûlure alternarienne 60, 72
bulbes 69
bulbes forcés 69
butyrate d'acétate de cellulose 24, 26
câble d'acier galvanisé 19
cactus 55, 67
cactus de Noël 67
cactus de Pâques 67
cactus orchidées 67
caissettes 52
caissettes de bois 52
caissettes en plastique 52
calcaire 49
calcaire dolomitique 44
Calceolaria herbeohybrida 58
calcéolaires 58
calcium 49, 51, 63, 68
calendriers de plantation 56
calfeutrage 10, 17, 21
cambium 55
candela 47
capacité des radiateurs électriques 38
capacité du poêle 38
capacités thermiques 33
capillaire 68
capucines 42
carbone 48
carence en fer 48
carence en éléments nutritifs 46, 49
carottes 57
carton-fibre 10
cèdre 10, 18
Cell-Paks® 52
Cercospora 65
cercosporiose 67
chaleur 3, 10
chaleur d'appoint 37
chaleur radiante 21, 27
champignons 71
champignons pathogènes 45
charges causées par la neige et le vent 21
charges externes 10
charpenterie 17
charpentes en bois 18
chauffage d'appoint 35, 40
chauffage du bâtiment principal 37
chélate de cuivre 49
chélate de fer 49
chélate de zinc 49
chélates 48
cheminées 39
chevrons 18
chloration 46
chlore 45
chlorose 48
chou fourrager et chou vert 57
choux 50
Chrolox® 45
Chrysanthemum morifolium 61
chrysanthèmes 47, 48, 49, 50, 53, 61, 70, 71, 73
chute des fleurs et des fruits 74
ciboulette 58
cicadelles 61
cinéraires 59
citronniers 55
Cladosporium fulvum 73

claie à ombrer 14, 30
clauses exécutoires 5
clématites 71
clones 55
clôtures 8
clous 11
clous galvanisés 11, 21
cochenilles 65, 66, 68, 71
cochenilles farineuses 65, 66, 68, 70
codes 5
Codiaeum variegatum 66
coléus 48
collecte de la chaleur 8
colorants 34
commandes passées sur demande 27
comparaisons colorimétriques 49
composé à ombrer 30
compost aérobie 44
compostage 44
compromis 9
concentrations de sel 45
conception 7
conception des serres 40
concombres 41, 42, 44, 50, 56
concombres européens 56
condensation entre les vitrages 27
conditionneurs de sol 44
conditions climatiques 21
conditions météorologiques 7
conducteur de pelle rétrocaveuse 16
conductivimètre 46
conductivité électrique 46
construction 7, 16
contenants 50
contenants de culture 41
contre-plaqué 10, 17
contre-plaqué extérieur 21
contrôles manuels 5
contrôles thermostatiques 39
convection 33
cordylines 48
corrosion chimique 21
couchage des rameaux 55
couche d'apprêt à l'huile 11
couches chaudes 3
couches froides 3
coupe-bise 32
coupe-vapeur continu en polyéthylène 20
coupe-vapeur en polyéthylène 10
courbure excessive des concombres 74
coût 4
coût du vitrage 22
couverture d'assurance 6
crassules argentées 55
crémaillère et pignon 31
créosote 10, 18
crépi de ciment 16
crocus 69
croissance anormale 74
crotons 48, 66
cuivre 49, 52
cultivars de Lorraine 58
culture aseptique 55
culture de tissus 53, 55
culture verticale 42
Cycas 68
Cyclamen indicum 59
Cyclamen persicum 59
cyclamens 48, 53, 59
Cycocel® 50, 64
Cyrtomium falcatum 68
dahlias 47, 58, 71
dalle 37
dalle flottante 13
dalle plate 16
Davallia 68
davallie des Canaries 68
décoloration 21
déflecteurs 37
défoliation 72, 74
déformation 74
déformation des feuilles 74
degrés d'humidité 39
degrés-jours 16
désinfection 45
détérioration générale 74
Dianthus caryophyllus 60
Dieffenbachia maculata ('Baraquiniana', 'Jenmannii' et 'Memoria') 64
dieffenbachias 64
dimension du plancher 8
dimension du ventilateur 32
dimensions des membres structuraux de la charpente 18
dioxyde de carbone 39, 40, 47
dispositif d'ouverture 32
dispositifs brise-jet 46
dispositifs de chauffage au gaz naturel, au propane, au kérosène et à l'huile 38
disposition des plants 41
division 54
dommages aux plantes 75
doradille 68
dormance 53
double vitrage de verre trempé 21
Dracaena 64
dracénas 46
drageons 64
durée de conservation des graines 53
durée utile 22
eau 36, 46
eau thermique 33
échangeur de chaleur air-air 40
éclairage 39
éclairage supplémentaire 47
éclairement 10
écorce 44
écussonnage 62
édifices très élevés 8
effet cheminée 31
éléments à l'état de traces 44, 48
élévation du pH 46
emplacement 7
énergie lumineuse 7
engrais au superphosphate 65
engrais azotés 44
engrais à usages multiples 48
engrais commerciaux 48
engrais concentré 48
engrais foliaire 54
engrais inorganiques à libération lente 48
engrenage à chaîne 31
enneigement 10
ensoleillement 7
entretien 3
environnement 39
environnement artificiel 39
environnement contrôlé 39
épinards 53
épinette bleue 54
épinettes 54
éraflures 21
Erwinia 74
escargots 71
espace 7
espace d'air 27
espace de culture 9, 40
espace habitable 3
essais du sol 49
esthétique 9
estimation des besoins de stockage de la chaleur 35
étanchéité 10
étanchéité à l'air 31
ethephon (Florel) 53
éthylène 50
étrésillonnage 16
euphorbes 55
Euphorbia pulcherimma 63
face de chat des tomates 74
facteur limitatif 8
facteurs environnementaux 5
facteurs esthétiques 5
fendillement des tomates 74
fenêtres 3, 31
fenêtres recyclées 27
fenouil 58

fer 49, 63
fertilisation excessive 48
Fertosan® 44
feuilles 44
feuilles aux extrémités ou aux bords bruns 46
feuilles brûlées 46
feuilles jaunes 46
feuilles séminales 53
fibre de verre 28
ficus 48
Ficus 54, 71
Ficus benjamina 65
Ficus elastica 65
figuier pleureur 65
fil de filet de pêche en nylon 42
film de polyéthylène 5
fittonias 48
flétrissement 46
flétrissement des feuilles 48
flétrissure bactérienne 60
flétrissure bactérienne des oeillets 73
flétrissure fusarienne 60
fleurs 70
fluoration 46
fluorure 65
fondation 16
fondation à poteaux 16, 18
fondations continues 18
fongicide 53, 64
fongicide protecteur 53
fonte des semis 53, 73
formaldéhyde 45
formation des boutons 61
forme 8
formol 45
formule NPK 48
fougère Boston 68
fougère de table 68
fougère à boutons 68
fougère à nervures 68
fougères 54, 68, 71
fraisiers 71
fuchsias 70, 71
fuites 10
fumagine 70
fumier 44
fumigants 45
fumigation 70, 71
Fusarium 68
gagne-place 42
genévriers 54, 55
géranium royal 59
gestion 44
gibberellate de potassium 53
gibberellines 50
glace 10
glaïeuls 71
gourmands 56
graines 53, 65, 68, 69
graines d'orchidées 54
grande serre autonome 14
greffage 54, 55, 62, 68, 74
greffes anglaises 55
greffes en écusson 55
greffes en fente 55
greffes en placage 55
greffes en pont 55
greffon 55
Gro-zyme® 44
haies 8
herbes aromatiques 56, 58
hiver 8
hormone à l'état gazeux 50
hormone d'enracinement 55
hormones 55
huile à moteur 33
humidimètre 46
humidité (à l'épreuve de l') 20
humidité relative 29, 40
humidité élevée 30
humus 44
hyacinthes 69
hybrides *B.* × *semperflorens-cultivorum* 58
Hydrangea macrophylla 62
hydrangeas 48
hydrangelles 62
Hydrion® 49
hydrogène 48
hygiène 5
ifs 54
immersion dans l'eau chaude 53
inclinaisons 10
inhibiteurs chimiques 53
insectes 70, 74
insectes et maladies 70
insecticides 70
insecticides chimiques 70
insecticides granulaires 71
insecticides systémiques 71
insolation des tomates 74
inspecteur en bâtiment 5
installation 22
installation de la cheminée 38
installation sur mesure 5
Institut de recherches Brace 8
intensité de lumière 47
interplantation 56
iode 52
isolant 10, 16
isolant de cellulose 10
isolant en fibre de verre 10, 20
isolation 3, 21
jardinières 3
jaunissement 48
jaunissement du feuillage 48
Javex® 45
jeunes plants 42, 46
jeunes plants transplantés 42
kalanchoes 47
kérosène 33
laitue 41, 47, 56, 70
lambris 10
lambris extérieur 21
lames de caoutchouc mousse 29
lames de scellement ondulées 29
lampe au kérozène 47, 56
lampes 48
lampes à décharge à haute intensité 48
lampes à vapeur de sodium à haute pression 48
lampes aux halogénures 48
larmier 17
lattes 16, 42
légumes 56, 70, 71, 72
légumes verts 41
lessivage du sol 71
libération d'ammoniac 45
lierres 48, 71
lilas 54
limaces 71
limon 44
lis 46, 50
lis blancs 50
lisse 11
lit de pierres 37
lois de zonage 5
lonchite 68
lumière 47
lumière fluorescente 48
lumière incandescente 48
lux 47
maçonnerie 36
magnésium 49, 51
magnolia parasol 65
maladies bactériennes 73
maladies cryptogamiques 72
maladies de la tomate 75
maladies du concombre 75
maladies physiologiques 74
maladies virales 71, 74
manganèse 49, 52
manipulation 74, 75
marbrures graisseuses 60
marcottage aérien 55, 64, 65
masse calorifique 33
masse de stockage 36
mastic à calfeutrer au latex ou au butyle 10
matériau à changement de phase 35

matériau à toiture en métal ondulé 21
matériaux de protection contre la chaleur 38
matériaux de stockage 33
matériaux recyclés 4
mélange de l'Université de Californie 45
mélanges de germination 45
melons 41, 42
Mentha spp. 58
menthe 58
micro-organismes 44, 45
microclimat 7
miellat 70
milieux de croissance 44
milieux de croissance sans sol 44
mineuses 61
mites 70
mites du cyclamen 70
modèles 11
moisissure 61
moisissure des tomates 73
moisissure grise 58, 72
molybdate de sodium 49
molybdène 49
Monstera deliciosa 66
mosaïques 74
moteur à dilatation thermique 31
motifs de construction 3
moucherons 71
mouches blanches 64, 68, 70
mousse 63
mousse de polystyrène 42, 44
mousse de tourbe 44, 49
multiplication des plantes 53
multiplication végétative 53, 54
mur 16
mur est 13
mur nain 13, 18
mur nain vertical 12
mur nord 20
mur sud 7
murs d'extrémité 18
nanisme 74
naphthanate de cuivre 10, 18
narcisse "Paper-White" 69
narcisses 69
Narcissus tazetta 'Paperwhite' 69
neige 8
nématodes 58, 71
Nephrolepis exaltata 68
nitrate d'ammonium 48, 63
nitrate de calcium 44, 49
nitrate de potassium 53, 63
normes acceptables pour les chevrons 20
nutrition des plantes 48
obstructions 7
Ocimum basilicum 58
oeillet fendu 60
oeillets 50, 60
oligo-éléments 48
ombrage 30, 40
ombre 7
orchidées 44, 55
orientation 8
Osmocote® 48, 54
ossature 10
ouvrants 31
ouvrants dans les parties pleines du mur et du toit 32
ouvrants de vitrage 32
ouvrants de vitrage ondulé 32
ouvrants inférieurs 31
oxycardium 66
oxygène 29, 48
P.R.F. 21
paillassons 10
paillassons déroulables 30
paillassons en bois et en métal 30
paillassons en plastique 30
palmiers 68, 71
panneau-particule 10
panneaux d'amiante-ciment 17
panneaux de fenêtres isolants 21
panneaux de placoplâtre imperméables 21
panneaux de polystyrène blanc 16
pannes de bois 29
papier indicateur 49
parement de salle de traite 21
parpaing 16, 18
participation personnelle 3
parties non vitrées 20
parties pleines 21
passe-temps 3
pasteurisation du sol 45
pêchers 55
peinture 11, 21
peinture antirouille 33
peintures à ombrage 30
Pelargonium domesticum 59
Pellaea rotundifolia 68
pénétration de la lumière 8
pentachlorophénol 10, 18
pente orientée au sud 7
Peperomia caperata 67
pépéromias 55, 67
perce-oreilles 71
perlite 44
permis de construction 5
persiennes 15
persil 58
pertes de chaleur 9, 10, 16
pesticides 74
pesticides chimiques 75
Petroselinum crispum 58
pétunias 42, 70
pH 49, 62
Philodendron scandens 66
Philodendron selloum 66
philodendrons 66
phosphate diammonique 49
phosphore 48, 49, 51
photopériode 61
photopériodisme 47
photosynthèse 29, 47
Phytophthora 68
pièces en bois 18
pied-bougie 47
pierre 35
pierre concassée 35
piliers 16
pinçage des pousses 63
pins 54, 55
place de l'unité de stockage de la chaleur 41
placoplâtre 10
planches de culture au niveau du sol 42
plantes à enracinement peu profond 41
plantes à enracinement profond 41
plantes à haute énergie 48
planches à même le sol 42
planches élevées 42
planches et tablettes de culture 41
planches et tablettes transformables 43
plante caoutchouc 65
plantes araignées 46
plantes chétives 56
plantes de faible énergie 48
plantes de jours courts 47
plantes de jours longs 47
plantes grasses 67
plantes indifférentes à la durée du jour 47
plantes ligneuses 55
plantes molles 56
plantes ornementales 42, 72
plantes ornementales populaires 58
plantes ornementales rampantes 42
plantes qui préfèrent l'ombre 42
plantes tropicales 44
plants de tomates 56
plastique en polycarbonate 21
plate-forme en acier ondulé 37
plinthes chauffantes électriques 37
poêles à bois 38
poinsettias 47, 48, 49, 50, 63, 70
point neutre 49
points de dérive 8

pois 42
police propriétaire 6
pollinisation à la main 56
polluants 21
polycarbonate 24, 26
polycarbonate, double épaisseur extrudé (feuilles épaisses) 23
polycarbonate, double épaisseur extrudé (feuilles minces) 23
polyester ondulé renforcé de fibre 28
polyester renforcé de fibre 5
polyester renforcé de fibre de verre (P.R.F.) 24, 26
polystyrène 16, 20
polystyrène extrudé 10, 37
polystyrène extrudé rigide de couleur bleue 16
polyéthylène 25, 26, 28, 55
polyéthylène résistant aux rayons ultra-violets 28
polyéthylène traité 28
pommes de terre 50
pommiers 55
portées 18
porte-greffe 55, 63
portes de patio 21
portes de ventilation 32
portulacas 48
potager 14
potager extérieur 3
potagers en conteneurs 3
potassium 44, 48, 49, 51
poteaux de cèdre 16
poteaux de mur 18
pots en argile 50
pots en papier pressé 50
pots en plastique 50
pots en tourbe 50
pots suspendus 42
poudre d'enracinement 55
poudre d'os 48
pourriture apicale de la tomate 74
pourriture causée par le Botrytis 63
pourriture de la tige 58, 64
pourriture de la tige et des racines 67
pourriture des racines 62
pourriture molle 74
pourriture sèche des tomates 74
pratiques sanitaires 72, 75
préservatif 18
prévention de la pourriture 10
prix 4, 30
propagation des maladies 71
propriétés 22
propriétés de matériaux de vitrage 21
protection contre l'incendie 5
protection du vitrage 10
Pseudomonas caryophylli 74
Pteris 68
pucerons 60, 61, 62, 63, 68, 70
punaises 61
pyrolyse de l'extrémité et des bords des feuilles 74
Pythium 58, 64, 68, 73
quantités suggérées de matériaux de stockage 36
rabougrissement 74
racines molles, spongieuses ou pourries 46
radiants 37
radiants à contrôle thermostatique 37
radiateurs à contrôle manuel 37
radis 56, 58
raisins sans pépins 50
ralentissement de la croissance 46, 48, 56
RaPidGro® 54
rayonnement infra-rouge 27
rayonnement solaire 21
rayons ultra-violets 10, 21
rayures 71
récipients de jardinage 3
récupération de la chaleur 37
refoulement 39
refroidissement 29, 40
refroidissement en milieu humide 53
règlements 5
réponse à la longueur du jour 47
reproduction sexuée 53
réservoirs en acier galvanisé 34
réservoirs en fibre de verre 34
résidu 70
résidu poisseux 70
résidus cireux 70
respiration 29, 47
retardants 50
revêtement 10
Rhapis 68
rhizoctone commun 60
Rhizoctonia 64, 68, 73
rhododendrons 55
robinet étanche 35
rondelles en néoprène 29
Rosa 62
Rosa manetti 63
roses 47, 48, 54, 62, 73
roses Floribunda 63
roses hybrides de thé 63
rosiers 55
rouille 21
ruban à vitrage en butyle 28
sable 44
salade 57
sapins 54, 55
sas 15
sauges 70
scarification 53
scellant au silicone 21, 29
Schefflera 65
sciure compostée 44
sciure de bois 44
sections de tige 64
sécurité des structures 5
sel 68
sel de Glauber 35, 36
sels 48
sels solubles 46
semelle 16
semelles continues 16
semences 46
semences en germination 46
Senecio hybridus 59
Septoria 72
séquoia 10, 18
serre à contreventement 14
serre autonome 5, 8, 18
serre autonome pour les climats tempérés 15
serre classique autonome 14
serre contreventée 13
serre en appentis 12
serre préfabriquée 13
serre solaire autonome à contreventement 18
serre-fosse en appentis 13
serres en appentis 5, 19
serres solaires à stockage passif 38
seuil de gel 16
sol 44
sol de jardin 45
solarium 3
solin 17
soufre 49, 52
spectre visible 48
sphaigne 55
spores 68
stérilisateurs électriques 45
stérilisation du sol 45
stimulants 50
stockage de la chaleur 10
stockage thermique actif 36
stockage thermique passif 33
stratification 53
stress 74
structure renforcée 17
substance blanche cotonneuse 70
substances de croissance 50
sud-est 7
sud-ouest 7
sulfate d'aluminium 62
sulfate d'ammonium 48, 49

sulfate de cuivre 49
sulfate de magnésium 49
sulfate de manganèse 49
sulfate de zinc 49
sulfate ferreux pulvérisé 49
sulfate ou chlorure de potassium 48
superphosphate 44, 48, 63, 64
surface d'ouverture totale des ouvrants 31
Sweetheart 63
symptômes de carence 50
symptômes de carence en minéraux 51
système d'arrosage automatique 46
système d'arrosage périmétrique 46
système d'arrosage à tapis capillaire 46
système d'arrosage à tubes 46
système de fermeture manuel 31
système de refroidissement 40
système de support 27
système de vidange 35
système radiculaire clairsemé 46
systèmes automatiques 31
systèmes de stockage de la chaleur 32
systèmes de stockage passifs 33
systèmes souterrains 16
tabac 70
taches bactériennes des géraniums 73
taches d'origine bactérienne 58
taches d'origine crystogamique 58
taches foliaires 62, 64, 65, 72, 74
taches noires 63
taille 9
tarsonèmes 61
tasseaux 28, 30
tégument imperméable 53
température 40
température de l'eau 46
térébenthine 33
terre franche 44
terreau de feuilles 44
tétranyques à deux points 70
Thielaviopsis 64, 73
thrips 60, 61, 63, 65, 71
thunbergias 42
thuyas 54
tiges d'armature 16
tire-fonds 19
tissu d'ombrage 31
toit 20
toit de garage 11
toit et mur pleins 20
toit faiblement incliné 13
tomates 41, 42, 44, 47, 56, 70, 72, 74
tomates cerises 42
tonneaux 33
tontes de gazon 44
tourbe de mousse 44
toxicité 74
toxicité en manganèse 45
traitement par le froid 57
trajectoire du soleil 7
translucidité 10
transmittance 21, 22
transplantation 53
triple vitrage 10
tubes 34
tubes de type spaghetti 46
tulipes 69
tumeur du collet des géraniums 73
tuyaux de drainage en plastique ondulé 37
type 8
types à contrôle thermostatique 31
unités thermiques britanniques 38
urée-formaldéhyde 48
VAMA, CMA et HPAN 44
vaporisation d'eau 55
vent 31
ventilateur 38, 40
ventilateur électrique 37
ventilation 29, 40
ventilation artificielle 32
ventilation d'une serre en appentis 32
ventilation naturelle 31
véranda 12
vermiculite 44
verre 21, 25
verre non trempé 22
verre scellé trempé 27
verre trempé 22
verticilliose 74
Verticillium 73
violettes africaines 55
virus 70
virus de la mosaïque du tabac 74
vis galvanisées 21
vitrage 21, 22
vitrage de portes de patio de dimensions courantes 27
vitrage de serre 25
vitrage incassable 10
vitrage intérieur 27
vitrage isolant 27
vitrage isolant de portes de patio 5
vitrages 3
vitrages lourds 27
volets 10
Xanthomonas 73
zinc 49, 51
zones climatiques intérieures 41